

# **Mudança Rápida de Ferramentas em Linhas de Montagem**

*José Miguel Ramos Costa*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Carlos Bragança



**Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2017-06-26

À minha família.

## Resumo

A presente dissertação surge na sequência de um projeto de aplicação da metodologia SMED na unidade fabril da Grohe, em Albergaria-A-Velha, Aveiro. O projeto decorreu no departamento de Montagem e tem como objetivo a redução do tempo de mudança de fabrico das linhas de montagem, onde são produzidas centenas de produtos diferentes, bem como a criação de uma ferramenta informática que agregue e integre toda a informação relativa ao processo.

Foi feita uma análise detalhada ao processo de *setup* com o objetivo de compreender o seu estado atual e perceber quais eram as principais oportunidades de melhoria. Foram identificados alguns problemas no método de trabalho e no sequenciamento das tarefas mas também em processos que apesar de não fazerem parte da mudança de fabrico, estão diretamente relacionados com ela e têm influência nos resultados obtidos.

Para resolver estes problemas foram aplicadas ferramentas *lean* como os 5S, a standardização de processos e o método SMED. As soluções apresentadas trouxeram melhorias significativas e permitiram reduzir o tempo de mudança de fabrico em mais de 50%, sendo de salientar a ainda grande redução de variabilidade obtida com a normalização do processo. Relativamente à ferramenta informática desenvolvida, trata-se de uma solução que dá aos operadores responsáveis pelo *setup* uma ferramenta valiosa que facilitará e melhorará o seu trabalho.

Os resultados obtidos comprovam que as ferramentas *lean* são um método poderoso para obter resultados sem necessidade de investimentos avultados.

## Abstract

### Quick Changeover in Assembly Lines

This dissertation comes in the sequence of a project of application of the SMED methodology at the Grohe plant in Albergaria-A-Velha, Aveiro. The project takes place in the assembly department and aims to reduce the changeover time in assembly lines, where dozens of different products are produced, as well as the creation of a computer program that aggregates and integrates all the information related to the process of setting up an assembly line.

The setup process was analyzed in a detailed way in order to understand its current state and the main opportunities for improvement. Some problems in the work method and in the sequencing of the tasks were identified, but also in processes that, although not part of the production changeover, are directly related to it and influence the results obtained.

To solve these problems lean tools such as 5S, process standardization and the SMED method were applied. The presented solutions brought significant improvements and allowed to reduce the changeover time by more than 50%, and the great reduction of variability obtained with the normalization of the process is worth noting. Regarding the computer program, it's a solution that gives the operators responsible for the setup a valuable tool that will certainly facilitate and improve their work.

The results obtained prove that lean tools are a powerful method to obtain results without the need for large investments.

## Agradecimentos

A todos os colaboradores da Grohe que contribuíram para o sucesso do projeto com a sua disponibilidade e conhecimento, nomeadamente o meu orientador, o engenheiro Celso Maia.

À FEUP pela oportunidade que me foi concedida de ter uma primeira experiência no mundo empresarial e ao Professor Carlos Bragança pela orientação nessa experiência.

Aos colegas e companheiros neste ciclo de estudos na FEUP, nomeadamente o Davide Torres, o Gonçalo Pinheiro, o Gonçalo Rocha, o João Moreira e o José Ribeiro.

À minha família.

# Índice de Conteúdos

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 1        | Introdução .....   | 1  |
| 1.1      | Objetivos do projeto .....   | 1  |
| 1.2      | Método seguido no projeto.....   | 2  |
| 1.3      | Estrutura da dissertação .....   | 2  |
| 2        | Estado da Arte.....  | 4  |
| 2.1      | <i>Lean thinking</i> .....   | 4  |
| 2.2      | 5S.....  | 6  |
| 2.3      | Gestão Visual.....   | 7  |
| 2.4      | SMED.....  | 8  |
| 2.5      | Standardização de processos e ferramentas .....  | 10 |
| 3        | Análise da Situação Inicial .....  | 12 |
| 3.1.     | Descrição do processo produtivo .....  | 12 |
| 3.2      | Anatomia da Linha de Montagem .....  | 12 |
| 3.3      | Descrição do processo de <i>Setup</i> .....  | 13 |
| 3.4      | Análise do Processo de <i>Setup</i> .....  | 15 |
| 3.5      | Problemas Identificados .....  | 18 |
| 3.5.1    | Falta Informação Acerca da Importância do SMED .....                                       | 18 |
| 3.5.2    | Inexistência de Instrução de Trabalho .....  | 18 |
| 3.5.3    | Falta de Organização e Arrumação .....   | 19 |
| 3.5.4    | Dificuldades no Planeamento .....  | 19 |
| 3.5.5    | Poucas Ações de Manutenção nas Ferramentas .....   | 19 |
| 3.5.6    | Falta de Standardização das Ferramentas .....  | 19 |
| 4        | Apresentação das Melhorias Propostas e dos Resultados Obtidos com a sua Implementação..... | 21 |
| 4.1      | Projeto 5S .....   | 21 |
| 4.1.1    | Arrumação e Identificação de Ferramentas .....   | 21 |
| 4.1.2    | Arrumação e identificação de itens na linha .....  | 23 |
| 4.1.3    | Criação de Instrução de Trabalho.....  | 24 |
| 4.2      | Ferramenta Informática de Apoio ao <i>Setup</i> .....                                      | 25 |
| 4.3      | Projeto SMED .....   | 27 |
| 4.3.1    | Sensibilização dos Afinadores .....  | 27 |
| 4.3.2    | Carrinho para Transporte de Ferramentas .....  | 27 |
| 4.3.3    | Bancadas para Afinação Prévia.....   | 28 |
| 4.3.4    | Utilização de Torneiras Padrão para Afinação da Linha .....                                | 29 |
| 4.3.5    | Utilização de Apertos Rápidos .....  | 29 |
| 4.3.6    | Criação de Ferramenta Universal para o Posto 1 .....                                       | 31 |
| 4.4      | Resultados Obtidos .....   | 32 |
| 5        | Conclusões e perspectivas de trabalho futuro.....  | 36 |
|          | Referências .....  | 37 |
| ANEXO A: | Instrução de Trabalho para <i>Setup</i> de Linha .....                                     | 38 |
| ANEXO B: | Exemplo de Folha de Acompanhamento de <i>Setup</i> .....                                   | 41 |

## Siglas

SMED – Single Minute Exchange of Dies

TPS – Toyota Production System

TPM – Total Productive Maintenance

WIP – Work In Progress

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Esquema representativo dos fundamentos do TPS .....   | 5  |
| Figura 2 - Esquema que ilustra os diferentes passos do SMED .....  | 10 |
| Figura 3 - Papel da standardização na melhoria de processos.....   | 11 |
| Figura 4 - Arrumação e identificação das ferramentas de suporte dos testes (antes e depois).22                             |    |
| Figura 5- Arrumação e identificação dos suportes do Posto 1 e dos módulos giratórios (antes e depois) .....                | 23 |
| Figura 6 - Arrumação de bits e injetores na linha (antes e depois) .....   | 24 |
| Figura 7 – Interface para os afinadores do ficheiro de criação de Folhas de Acompanhamento do <i>Setup</i> .....           | 25 |
| Figura 8 - Carrinho de transporte de ferramentas no seu local de arrumação .....   | 28 |
| Figura 9 - Os dois tipos de aperto rápido testados: quarto de volta (à esquerda) e bloqueio com esferas (à direita). ..... | 30 |
| Figura 10 - Peça no suporte do Posto 1. ....   | 31 |
| Figura 11 - Tipo de suporte utilizado tendo em conta a posição do casquilho.....   | 32 |
| Figura 12 - Representação esquemática (esquerda) e tridimensional (direita) a proposta para o novo suporte .....           | 32 |



## Índice de Tabelas

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Distribuição do tempo de <i>setup</i> em atividades externas e internas .....                  | 16 |
| Tabela 2 - Tempo mínimo, médio e máximo de <i>setup</i> .....   | 16 |
| Tabela 3 - Categorias de Atividades Externas .....  | 17 |
| Tabela 4 - Resumo dos resultados obtidos depois da aplicação das melhorias .....                          | 33 |
| Tabela 5 - Resultados obtidos sem contabilizar o valor correspondente ao <i>setup</i> mais demorado. .... | 33 |

## Índice de Gráficos

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1 - Tempo gasto em Atividades Externas por categoria.....   | 17 |
| Gráfico 2 - Tempo médio gasto em cada atividade externa por <i>setup</i> , antes e depois da aplicação das melhorias..... | 34 |

## 1 Introdução

Esta dissertação tem como tema um projeto desenvolvido em ambiente empresarial na Grohe Portugal, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

A Grohe é o maior fabricante europeu de componentes sanitários e uma marca líder a nível mundial. O seu objetivo é proporcionar ao cliente uma experiência única, dando a estes produtos que normalmente são reconhecidos pela sua utilidade uma nova dimensão: a inovação. A constante reinvenção de algo tão comum como torneiras e chuveiros requer uma mentalidade de inovação permanente e de adaptabilidade às necessidades dos consumidores. Neste sentido, a flexibilidade na produção é cada vez mais importante pois o tamanho dos lotes de produção tem vindo a diminuir, ou seja, a frequência de *setups* é crescente e torna-se evidente a necessidade de que estes sejam rápidos e eficientes, de modo a aproveitar bem todos os recursos - especialmente o tempo. Caso o tamanho das ordens de produção se mantenha semelhante ao atual, a redução do tempo gasto em mudanças de fabrico resultará numa maior produtividade. Em qualquer um dos casos, a empresa recolhe vantagens em termos de competitividade, o que nos dias de hoje é fundamental para manter um negócio com sucesso.

O projeto desenvolvido está em tudo relacionado com esta temática, tendo como principal objetivo a redução dos tempos de *setup* das linhas de montagem através da utilização de ferramentas da metodologia *lean manufacturing*, com foco nas técnicas SMED

### 1.1 Objetivos do projeto

Num mercado cada vez mais competitivo, a produtividade e a flexibilidade são vantagens indispensáveis. Tratando-se de uma multi-nacional, a unidade da Grohe em Portugal compete não só com outras marcas mas também dentro da própria empresa os seus resultados são comparados com os obtidos por fábricas na Alemanha e na Ásia. Sabendo que a indústria alemã é bastante forte a nível de qualidade e tecnologia e que na Ásia começam a aparecer fábricas de qualidade que utilizam mão-de-obra bastante mais barata que a europeia, trata-se sem dúvida de uma missão difícil. Apesar disso, a unidade portuguesa tem estado a bom nível tendo até sido distinguida recentemente como a melhor do grupo.

Para se manter viva nesta corrida, garantir a satisfação total das necessidades do cliente é indispensável. Com a grande variedade de produtos que existem, a tendência que se tem vindo a notar é a da redução gradual do tamanho das ordens de produção, ou seja, manter as linhas de montagem a produzir o mesmo produto durante vários dias consecutivos torna-se impraticável e os *setups* de linha são cada vez mais frequentes.

À luz desta situação não é difícil perceber a necessidade de redução do tempo que as linhas estão paradas para mudança de fabrico.

O facto de existirem centenas de produtos diferentes, cada um com um processo de *setup* distinto, e de o número de linhas de montagem estar a crescer tem vindo a dificultar o trabalho dos afinadores que têm cada vez menos tempo para fazer o seu trabalho, entre *setups* e reparação de avarias. O ritmo elevado a que se trabalha leva muitas vezes a situações em que as linhas à espera de que um afinador esteja livre para fazer o *setup* se acumulam, causando paragens prolongadas. A falta de tempo para atividades necessárias como a manutenção das condições do posto de trabalho e das ferramentas e a atualização da informação relativa a ferramentas e a todos os processos envolventes do *setup* gerou a uma situação de desordem no processo. A falta de normalização e a informação incompleta acerca dos processos de *setup* levaram a uma situação em que a empresa está demasiado dependente do *know-how* e da experiência dos afinadores atuais, havendo uma grande dificuldade na adaptação ao posto por parte de novos colaboradores.

Os objetivos principais do projeto são reduzir os tempos de *setup* em cerca de 30% e desenvolver uma ferramenta informática que reúna toda a informação relativa aos processos de *setup* relativos a cada SKU para facilitar o trabalho dos afinadores atuais e a integração de novos funcionários nesse posto. Para atingir este objetivo, paralelamente à aplicação das técnicas SMED convencionais foram ainda desenvolvidos outros projetos utilizando os fundamentos da metodologia *lean*, nomeadamente a standardização e documentação do processo de *setup* e a organização e gestão de ferramentas. A redução do tempo de *setup* permitirá atingir uma maior produtividade bem como maior flexibilidade no planeamento da produção. A compreensão e análise dos processos atuais são fundamentais para perceber onde é possível melhorar e que tipo de melhorias podem ser implementadas. Posteriormente, é importante o controlo dos resultados obtidos para verificar o resultado da aplicação das propostas de melhoria implementadas.

## 1.2 Método seguido no projeto

O projeto foi planeado e executado em quatro fases:

1. Um período de conhecimento dos processos internos da empresa no geral, desde a chegada da matéria-prima até à saída do produto acabado. Após este reconhecimento geral, seguiu-se um período de alguns dias para conhecer mais a fundo os processos do departamento de montagem, onde teve lugar o projeto.
2. Análise das práticas atuais na realização de *setups* e de todos os processos envolventes relacionados. Desenvolvimento de várias propostas de melhoria baseadas nos princípios SMED e recolha de dados para posteriormente comparar com a situação final.
3. Seleção das propostas de melhoria mais adequadas e aplicação das mesmas.
4. Análise dos resultados obtidos com as melhorias aplicadas e proposta de novas melhorias.

Apesar de as fases estarem apresentadas por ordem cronológica de realização, esta ordem foi bastante flexível, ou seja, durante a fase de aplicação de melhorias foram desenvolvidas novas ideias ou propostas que inicialmente não tenham sido aplicadas por não parecerem tão promissoras foram mais tarde reaproveitadas e postas em prática.

## 1.3 Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em cinco capítulos.

Neste, o primeiro, é feita uma introdução ao projeto desenvolvido com uma pequena explicação do tema do trabalho, das características da empresa onde este decorreu e do problema a resolver.

No segundo capítulo é feita uma revisão ao estado da arte com algum detalhe. Os temas *lean management*, 5S e principalmente SMED são abordados de forma a contextualizar o projeto e a sua relevância em termos científicos.

No terceiro capítulo o problema é abordado de forma mais detalhada. É feita uma análise ao estado atual do processo de mudança de fabrico na empresa.

No quarto capítulo apresentam-se os resultados da análise feita inicialmente e as soluções de melhoria propostas tanto para reduzir os tempos de *setup* como para standardizar os processos relacionados.

Finalmente, no último capítulo encontram-se as conclusões retiradas com o desenvolvimento deste projeto e sugestões para possíveis projetos futuros de continuação de melhoria nesta área.

## 2 Estado da Arte

Este capítulo tem como objetivo a apresentação e explicação dos conceitos teóricos que suportaram a realização do projeto: *lean thinking*, 5S, gestão visual e SMED. A compreensão destes conceitos é fundamental para uma correta interpretação do contexto em que se insere o projeto. Começando por uma reflexão sobre a metodologia *lean* em geral, passa-se depois a uma explicação mais detalhada de alguns dos seus pilares mais relevantes neste caso, nomeadamente as temáticas 5s, gestão visual e SMED. Finalmente é abordada a questão da standardização de processos e ferramentas de trabalho que tem um papel decisivo na manutenção das melhorias introduzidas.

### 2.1 *Lean thinking*

A principal motivação da metodologia *Lean* é a eliminação de desperdício através da identificação e eliminação de atividades que não trazem valor acrescentado. Taichii Ohno, executivo da Toyota nas décadas de 70 e 80 foi um dos primeiros especialistas na área e o grande impulsionador por trás da grande vantagem competitiva que a aplicação dos princípios *Lean* trouxe à empresa.

As atividades vistas como desperdício estão classificadas em sete tipos: transporte, inventário, movimento, tempos de espera, passos produtivos desnecessários, produção a mais e defeitos (Hicks 2007). A eliminação destes desperdícios é conseguida através da utilização das ferramentas *lean* e permite produzir mais utilizando menos recursos. Para isso são eliminadas as atividades que não criam valor para o cliente final e que não são absolutamente necessárias para o suporte do processo produtivo. A principal dificuldade muitas vezes enfrentada é a definição do que é valioso para o cliente, sendo que muitas vezes a noção de valor acrescentado é definida pela perspetiva das pessoas dentro da empresa. Mudar o ponto de vista e olhar para o produto pela perspetiva do cliente é a chave para a começar a perceber o que é dispensável. Para conseguir fazê-lo de forma correta existem alguns pontos que devem ser tidos em conta (Womack and Jones 2003):

- Definir o que é valor, da perspetiva do cliente final, relativamente a um produto ou serviço;
- Analisar a cadeia de valor desde o desenvolvimento do produto até ao embalamento e entrega ao cliente final. Tendo em o conceito de valor do cliente eliminar ou repensar os passos que não representem um aumento no valor do produto;
- Fazer com que os passos que acrescentam valor fluam, criar um fluxo contínuo desde que o produto é idealizado até que sai para o cliente, evitando grandes lotes e reduzindo tempos de espera e paragens. Desta forma o *lead time* de todo o processo diminui drasticamente e a empresa torna-se mais flexível e reativa;

- Criar e produzir o que o cliente quer na quantidade certa e no momento certo. Trabalhar numa lógica *pull* é o ideal para responder às necessidades dos clientes e ao mesmo tempo evitar desperdício com acumulação de stocks de produtos obsoletos;
- Perseguir a perfeição. O processo é interminável e funciona num ciclo. A cada iteração é possível reduzir desperdício e tornar o processo mais *lean*.

A Toyota foi pioneira nesta mudança de paradigma e é a isso que se deve a vantagem competitiva que obteve durante a segunda metade do século XX. O Toyota Production System (TPS) revolucionou a indústria pois representou uma quebra na corrente de pensamento que vigorava na altura. Na imagem abaixo estão representados os fundamentos do TPS.

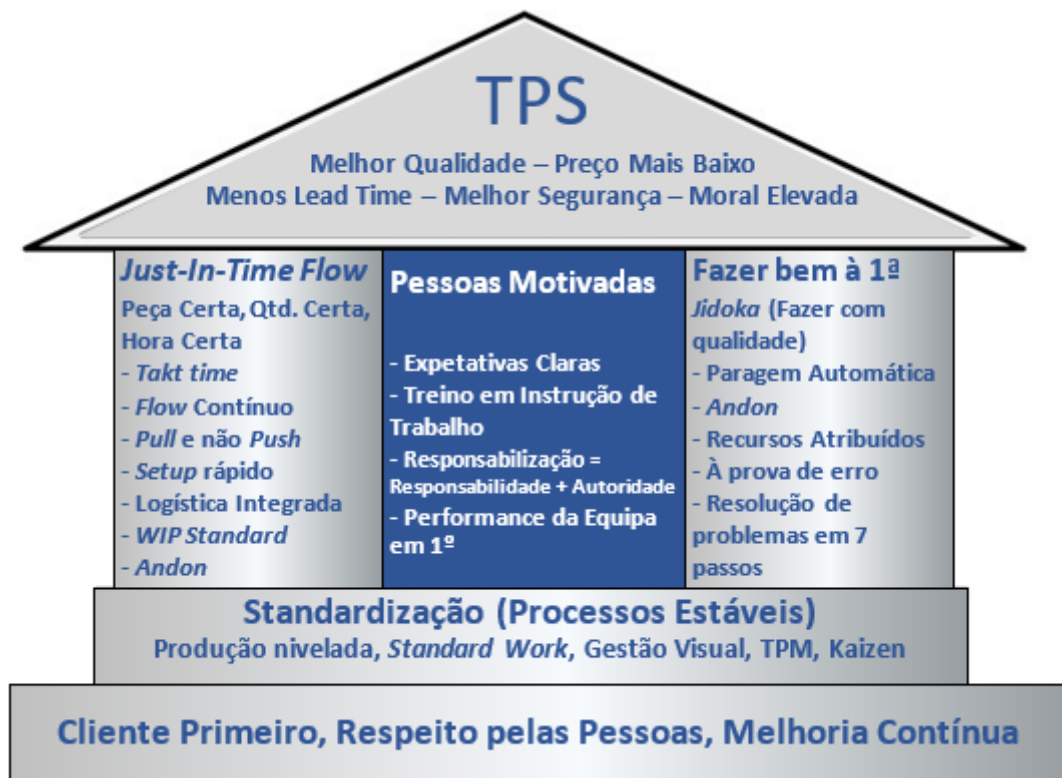


Figura 1 - Esquema representativo dos fundamentos do TPS

in "<http://leandynamix.com/manufacturing.php>, consultado em 2017-06-25, 16:10"

Analisando o esquema de cima para baixo, encontram-se no topo os objetivos do TPS. A produção com qualidade, ao menor custo possível, no menor tempo possível, com segurança e com motivação dos colaboradores é a meta a atingir.

Para isso, utiliza-se o conjunto de ferramentas representado pelos pilares no esquema:

**Just-In-Time Flow:** A produção do componente certo, na quantidade certa, na altura certa. Para que isto seja possível é necessário harmonizar o fluxo produtivo, garantindo um nivelamento adequado do volume produtivo em quantidade e em variedade de componentes produzidos. Este nivelamento, também denominado de *Heijunka* visa a manutenção de um fluxo contínuo de material ao longo do processo, equilibrando a capacidade produtiva de forma a evitar a acumulação de material em estações intermédias (WIP). A produção é

desencadeada pela procura a jusante e não se produz para stock, eliminando assim o custo com armazenamento de matérias primas-acabadas.

*Jidoka*: Pode ser traduzido como automação, a separação do trabalho de homem e máquina. Tem como objetivo dotar as máquinas da habilidade de detetar e sinalizar defeitos ou condições anormais e parar a produção devido aos mesmos. O objetivo destas paragens de produção é que se identifique a causa do defeito que originou a paragem e que essa causa seja eliminada. Cada vez que uma causa de defeito é eliminada o processo é melhorado e o objetivo é uma produção com zero defeitos. A capacidade das máquinas detetarem estes defeitos de forma autónoma elimina a necessidade de ter um operador a “controlar” o trabalho da máquina e faz com que apenas seja necessária uma intervenção em caso de defeito. Desta forma um único operador pode ficar responsável por várias máquinas permitindo maiores volumes produtivos com menos recursos.

*Motivação da equipa*: A motivação dos colaboradores é o pilar central do TPS. Os colaboradores deixaram de ser vistos como mão-de-obra não-especializada e facilmente substituível e passaram a ser valorizados e responsabilizados pelas suas ações. A formação adequada, o incentivo à aprendizagem contínua e a confiança nos colaboradores são fundamentais para uma força de trabalho motivada e unida em torno de um objetivo, condição sem a qual é muito mais difícil obter bons resultados como um todo.

*Standardização*: A aplicação de melhorias e de novas formas de trabalhar de pouco serve se ao longo do tempo a situação se reverter para o estado inicial. É fundamental que estas boas práticas sejam mantidas e incentivadas depois das ações de melhoria e que esse passe a ser o novo padrão de trabalho. A criação de diretivas de *Standard Work*, a utilização de ajudas visuais e a manutenção das condições de trabalho e de funcionamento dos equipamentos através de programas de manutenção adequados são importantes para que o trabalho continue a ser feito segundo a Metodologia *Lean* (Pinto 2008).

Muitas empresas e instituições aplicam as ferramentas *lean* e apesar de verem melhorias, não atingem resultados tão positivos como os da Toyota. Esta diferença está relacionada com o bloco que está na base do esquema, “Cliente primeiro, Respeito pelas pessoas, Melhoria contínua”. Este bloco contém as três ideias fundamentais da mentalidade *lean*, e é o que estabelece a diferença entre aquelas empresas que apenas utilizam as ferramentas *lean* e aquelas que abraçam as ideias *lean* e as integram na sua própria cultura, aplicando-as a cada processo e de uma forma contínua. Estas percebem que a sua razão de existir é apenas e só o cliente e a cada decisão que é tomada os interesses do cliente são postos em primeiro lugar. Na empresa, todos trabalham com um objetivo e como tal todos são vistos como peças importantes no esquema. O respeito pelos colaboradores, pelo seu trabalho e pelas suas capacidades é valorizado e exigido, criando ambientes de trabalho onde todos estão focados e motivados. Por último, esta mentalidade não se restringe a uma altura no tempo onde as medidas são aplicadas, ela faz parte do dia-a-dia de todos e a procura da melhoria é uma constante, tornado este processo iterativo algo que acontece naturalmente (Liker e Meier 2004).

## 2.2 5S

Para a eliminação do desperdício e a obtenção de um processo mais *lean*, a existência de um ambiente de trabalho limpo e organizado é fundamental. É para isso que servem as ferramentas 5S assim chamada devido à primeira letra de 5 palavras japonesas (Pinto 2008):

*Seiri* (Organização): Eliminação do que é desnecessário do local de trabalho. Apenas o que é indispensável para a realização das tarefas se mantém, pretendendo-se com isso ganhar espaço



de trabalho, facilitar a limpeza e manutenção e preparar o ambiente de trabalho para a aplicação dos restantes S's.

*Seiton* (Arrumação): Tudo é arrumado e tudo tem o seu lugar. Todas as ferramentas utilizadas devem ter um local de arrumação adequado e devidamente identificado para que possam ser encontradas e utilizadas rapidamente, evitando tempo desperdiçado à procura de ferramentas.

*Seiso* (Limpeza): Manutenção do local de trabalho em bom estado, limpo e organizado, eliminando sujidade, resíduos e tudo o que não for necessário. Esta limpeza estende-se às relações interpessoais no sentido de fazer um esforço para manter a transparência e o respeito.

*Seiketsu* (Uniformização): Uniformização dos processos e ferramentas dentro do local de trabalho. A utilização de cores, formas, contornos, permite um reconhecimento rápido e fácil de informações importantes para a realização do trabalho segundo os padrões definidos. A eliminação da variabilidade reduz a incerteza e facilita o controlo do processo.

*Shitsuke* (Disciplina): A disciplina necessária para manter a organização atingida com os pontos anteriores e criar um ambiente de trabalho adequado para todos, cumprindo os procedimentos institucionalizados.

A manutenção dos benefícios obtidos com a aplicação dos procedimentos 5S é fundamental para que os processos mais básicos decorram naturalmente e sem imprevistos e para que os colaboradores se possam concentrar nos verdadeiros problemas que encontram no dia-a-dia. Estas medidas devem ser vistas não como uma ação pontual mas sim como uma maneira de pensar o trabalho que deve ser cultivada e respeitada. Cada colaborador deve sentir-se responsável por cumprir as medidas introduzidas pelo programa 5S e também por promover a melhoria contínua, estando atento e ativo para identificar novas oportunidades de melhoria.

## 2.3 Gestão Visual

A Gestão Visual é a exposição de informação no local de trabalho sob a forma de cores, imagens, ou sons como alternativa à comunicação textual. Este tipo de informação é compreendido de forma mais rápida e mais fácil e o objetivo é que esteja claramente à vista informação relativa aos processos que estão a decorrer no local de trabalho e que essa possa ser compreendida por qualquer colaborador.

Desta forma, anomalias no processo, falta de ferramentas, falta de componentes, objetos no local errado entre outras situações estão à vista, não existem problemas escondidos. Isto leva a que existam menos e que os que acontecem sejam rapidamente corrigidos (Pinto 2008).

A Gestão Visual não está presente apenas em ambientes industriais e para se perceber isso e compreender melhor o conceito basta pensar um pouco em toda a informação que recebemos no nosso dia-a-dia: os sinais luminosos dos semáforos, a zona vermelha do indicador do depósito de combustível do carro ou as linhas que marcam os lugares de estacionamento são exemplos de ajudas visuais que transmitem informação importante de uma forma clara e rápida.

A correta utilização destas técnicas no local de trabalho pode trazer benefícios a nível de eficiência, segurança e implementação de standards de trabalho.

A forma rápida como a informação é transmitida com a Gestão Visual permite ganhos na eficiência porque reduz o tempo gasto pelos colaboradores à procura de informações como por exemplo o local de uma ferramenta ou a quantidade certa de um produto a utilizar. É fomentada a manutenção das condições ideais ao sinalizar quando algo está errado. Estas condições podem também estar relacionadas com a segurança dos colaboradores, evitando-se

muitos acidentes de trabalho com soluções simples como por exemplo sinais luminosos indicando quando se deve ou não mexer numa máquina em funcionamento. Por último a existência de informação clara acerca das regras e indicações a cumprir promove o cumprimento dos standards de trabalho, garantindo que os processos decorrem da forma mais correta e eficiente.

## 2.4 SMED

O sistema SMED (Single-Minute Exchange of Dies) é um dos conceitos mais importantes para o projeto desenvolvido. O seu objetivo é reduzir de forma significativa os tempos de troca de equipamentos necessária para passar de produzir um produto para iniciar a produção de outro. O nome do sistema tem a ver com as grandes poupanças de tempo obtidas com a sua aplicação que na maioria dos casos resulta em tempos de *setup* de um único dígito (menos de 10 minutos) partindo de uma situação inicial em que se gasta por vezes algumas horas.

Um erro bastante comum em empresas que impede melhorias no processo de *setup* é a visão do processo como um todo, como algo que simplesmente é necessário e inerente à produção e que leva o tempo que tem que levar. Esta perceção é errada porque na verdade o *setup* é constituído por diversos sub-processos que não têm todos a mesma importância nem os mesmos requisitos e por conseguinte não devem ser vistos como um conjunto de atividades homogêneo. O *setup* deve ser encarado como um desperdício visto que implica a paragem de máquinas e muitas vezes de operadores e como qualquer desperdício deve ser reduzido ao mínimo possível.

A base deste sistema está na distinção entre Atividades Externas e Atividades Internas. As Atividades Internas são aquelas que têm necessariamente de ser feitas com a produção parada e as Atividades Externas as que podem ser feitas enquanto se produz (Dillon e Shingo 1985). A noção de que existem estes dois momentos diferentes por si só é capaz de trazer uma mudança de perspetiva que permite identificar facilmente várias oportunidades de melhoria.

O processo de aplicação da metodologia SMED pode ser dividido em cinco passos (Coimbra 2013):

### 1. Estudo do processo.

Nesta primeira etapa o objetivo é ficar a conhecer a fundo o processo de *setup*. Para isso deve-se acompanhar o *setup* e cronometrar todas as atividades a ele pertencentes. Os tempos observados são depois registados e procura-se classificar cada atividade como interna ou externa. Para além deste registo o processo de *setup* pode ser registado em vídeo de maneira que posteriormente seja possível revê-lo com a equipa responsável e que em conjunto se procure e discuta oportunidades de melhoria.

### 2. Separar Atividades Internas de Atividades Externas

Através da análise feita e das conclusões retiradas da observação dos vídeos é determinada a melhor sequência e método de trabalho. As atividades externas são agendadas para antes e depois da paragem de produção e as atividades internas são reorganizadas para que o trabalho flua da melhor maneira. A nova sequência deve ser testada pelos operadores para que possam ser feitos os ajustes que se considerarem convenientes.

### 3. Transformar Atividades Internas em Atividades Externas

Depois de separadas Atividades Internas e Externas ainda é possível reduzir mais o tempo de *setup*. É necessário estudar cada atividade ao pormenor e tentar perceber se alguma das Atividades Internas pode ser convertida em Externa através da alteração de uma máquina, uma ferramenta ou outro tipo de solução. Para isso é importante saber qual o objetivo e a função de cada atividade no processo, pois este conhecimento pode dar origem a ideias que permitam transformar a atividade interna em externa.

#### 4. Redução do Tempo das Atividades Internas

Quando apenas forem feitas com a máquina parada as Atividades Internas, para acelerar o *setup* é necessário encontrar soluções para reduzir o tempo gasto nessas atividades. Mais uma vez, alteração de máquinas, ferramentas, tecnologias, processos são as áreas a ser exploradas à procura de melhorias que permitam realizar o trabalho de forma mais rápida mantendo sempre os padrões de qualidade e de segurança. A normalização pode ser uma ferramenta poderosa neste ponto porque pode evitar alguns ajustes e trocas de ferramentas. Alternativamente, colocar dois operadores a trabalhar no *setup* em simultâneo é também uma forma de minimizar o tempo de paragem.

#### 5. Redução do Tempo das Atividades Externas

Numa última fase pode-se pensar em otimizar as Atividades Externas, pois mesmo não interferindo no tempo de funcionamento da máquina, estas representam carga laboral para os colaboradores responsáveis pela realização do *setup*, que terão que as fazer antes ou depois das Atividades Internas.

Depois de percorridos todos os passos, se ainda for vantajoso reduzir os tempos de *setup*, podem-se fazer mais iterações de todo o processo. A experiência e o conhecimento obtido acerca do processo nas anteriores iterações serão ferramentas valiosas para identificar novos desperdícios e oportunidades de melhoria nas novas iterações. A longo prazo, o objetivo de um projeto SMED é eliminar a necessidade de *setup* mas é de salientar que chegar a este ponto pode levar muito tempo e requerer investimentos avultados, para além de que nem sempre é possível.

A Figura 2 ilustra o processo descrito. Os blocos azuis representam as Atividades Internas e os amarelos as Atividades Externas.

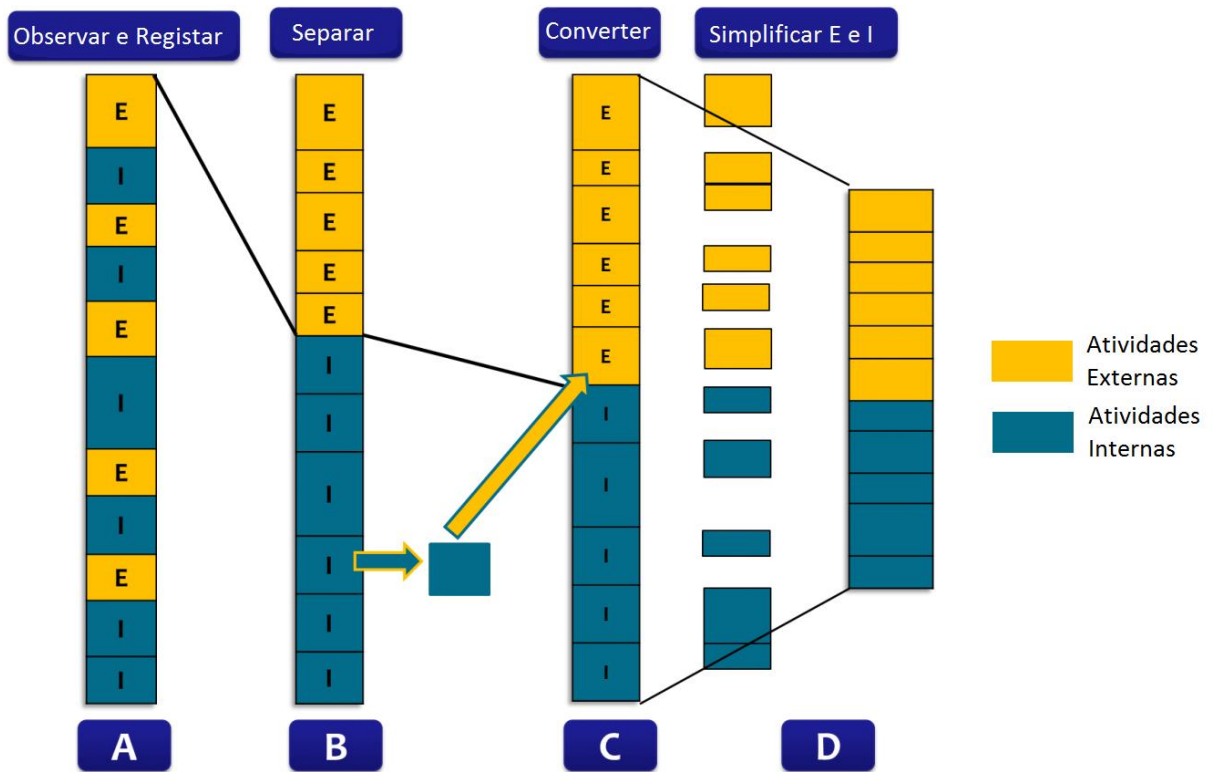


Figura 2 - Esquema que ilustra os diferentes passos do SMED

A redução dos tempos improdutivos pode trazer várias vantagens (Dillon e Shingo 1985) :

- Menor custo de produção devido ao melhor aproveitamento dos equipamentos;
- Torna económicos lotes de produção mais pequenos;
- Melhor serviço ao cliente, garantindo maior flexibilidade e capacidade de resposta à procura;
- Menos custos com inventário;
- Melhorias na consistência e qualidade.

## 2.5 Standardização de processos e ferramentas

A standardização de processos é a definição de regras ou instruções de trabalho que indicam, para um determinado processo que acontece na empresa, qual o melhor modo de realizá-lo em termos de eficiência, segurança, custo e rapidez.

Para se iniciar a melhoria de um processo é necessário que este esteja bem definido e documentado, pois é com base nos procedimentos descritos nessa documentação que vão ser realizadas as melhorias. Quando se tomar a decisão de alterar algum passo no processo, a documentação deve ser atualizada e esse passará a ser o novo standard.

Esta é uma das ferramentas *lean* mais poderosas e ao mesmo tempo uma das menos utilizadas. A razão para isto é o facto de não existir nenhum avanço visível aquando da sua aplicação mas a verdade é que o seu efeito apenas é observado a longo prazo. Se não houver um momento em que as propostas de melhoria passam a regra e são devidamente registadas

na documentação como tal, elas vão inevitavelmente ser esquecidas com o tempo e o processo vai retroceder até ao ponto em que estava inicialmente. Para além disso, é sabido que muitas vezes as pessoas são resistentes à mudança e preferem continuar a fazer as coisas da maneira que sempre fizeram. A inexistência de um standard de trabalho dá-lhes a legitimidade para trabalharem como quiserem pois não têm guias para lhes indicar como proceder. A ideia não é retirar qualquer possibilidade de inovação e criatividade trabalho dos colaboradores, mas sim assegurar que todos trabalham da mesma forma para que quando haja melhorias no processo, todos saibam delas e avancem juntos. A criatividade deve continuar a fazer parte do trabalho e é inclusivamente encorajada pois a procura por melhorias deve ser constante. Estas melhorias devem ser apresentadas aos colegas e aos responsáveis pelos standards de trabalho para que passem a integrar a instrução de trabalho. Por esta razão a standardização não deve ser vista como limitativa mas sim como a melhor prática conhecida até ao momento que pode e deve ser atualizada a qualquer momento caso haja necessidade.

Documentar a forma como o trabalho deve ser feito ajuda a reduzir a variabilidade e a imprevisibilidade do processo garantido consistência, que hoje em dia é uma característica fundamental para garantir a qualidade do produto (Pinto 2008).

A Figura 3 ilustra o papel que a standardização desempenha na melhoria de processos: atua como uma plataforma de segurança e tem o objetivo de impedir que o procedimento retroceda e volte a ser realizado como era antes das melhorias.

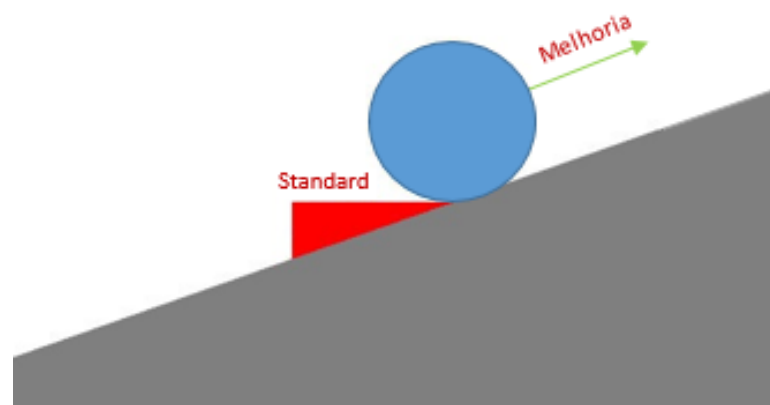


Figura 3 - Papel da standardização na melhoria de processos.

### 3 Análise da Situação Inicial

Neste capítulo é descrito o processo produtivo que acontece na empresa ao longo dos vários departamentos, com maior incidência no departamento da Montagem. Em seguida são descritas as linhas de Montagem, o que é fundamental para a compreensão do estudo. É depois descrito o processo de *setup* e é feita uma análise ao estado inicial do mesmo. Finalmente enumeram-se os problemas identificados.

#### 3.1. Descrição do processo produtivo

O processo produtivo na Grohe Albergaria está dividido em cinco departamentos: Fundição, Maquinagem, Lixamento-Polimento, Galvânica e Montagem. Para além destes cinco, por onde passam todos os produtos, algumas das peças podem ainda ser tratadas num sexto departamento, o departamento de PVD. Este tem como objetivo dar ao produto um acabamento final diferente do clássico aspeto cromado que têm a maioria dos produtos. Neste departamento, através de reações químicas a altas temperaturas as peças adquirem cores como preto ou dourado e texturas com aspeto escovado ou baço.

Este projeto insere-se no departamento de Montagem, o maior e mais complexo da empresa e de onde sai o produto final, bem como produtos semiacabados que são exportados e finalizados noutros locais. Neste departamento existem cerca de 40 linhas de montagem em forma de U e em cada uma trabalham dois a três operadores. As linhas estão agrupadas em famílias, tendo em conta o que lá é produzido (por exemplo: Cozinhas, Lavatórios e Bidés...) e cada ordem de produção é produzida numa única linha. Na linha acrescentam-se ao corpo da torneira (produzido internamente nos departamentos que antecedem a chegada do produto à Montagem) todos os outros componentes e posteriormente o produto final é testado e embalado. Para verificar as boas condições de funcionamento de cada produto, cada unidade é testada em aparelhos que usando ar comprimido e água corrente verificam parâmetros como a estanquidade e a temperatura de saída da água.

#### 3.2 Anatomia da Linha de Montagem

As linhas de montagem em forma de U trazem bastantes vantagens em termos produtivos. Esta forma da linha permite aos operadores trocar mais agilmente de funções entre si, o que reduz a monotonia do trabalho e permite uma maior flexibilidade no número de operadores por linha. No caso das linhas de montagem retas, se a linha estivesse pensada para funcionar com três operadores e um faltasse, um dos restantes dois operadores teria de fazer deslocações constantes para ocupar o seu posto e de seguida dirigir-se ao do operador em falta de modo a cumprir todas as operações necessárias para a linha funcionar. Utilizando a forma em U, para um operador passar do primeiro posto para o último da linha basta virar-se de costas.

Na primeira bancada existem dois postos de montagem. No primeiro são apertados no corpo da torneira as sedes e o castelo utilizando aparafusadoras fixas enquanto o corpo está seguro num suporte de rilene. Depois, o corpo é colocado num módulo giratório operado a ar comprimido que permite colocar rapidamente o corpo em várias posições para serem apertados o casquilho e um dos manípulos da torneira utilizando aparafusadoras móveis. No segundo posto é feito o teste de estanquidade à torneira, ou teste de ar. A torneira é colocada num suporte (também chamado de ferramenta) que é fixo à linha com quatro parafusos e é introduzido ar dentro do corpo da torneira através de dois injetores. O teste verifica se a torneira está com fugas controlando a variação da pressão do ar que está dentro do corpo. Se passar no teste a torneira é carimbada com o registo de onde e quando foi produzida e avança para a próxima bancada.

Na segunda bancada apenas existe um posto e é lá que é feito o teste de água. Neste teste são medidos a temperatura e o caudal da água debitada pela torneira. A temperatura tem de ser regulada pois certos produtos têm características que requerem esse tipo de controlo uma vez que está relacionado diretamente com a sua funcionalidade. Algumas das torneiras têm componentes especiais que regulam a temperatura da água à saída como medida de segurança. Ao abrir a água girando o manípulo este só gira até um certo ponto e a sua temperatura não excede os 40°C. Para ter água mais quente é preciso pressionar um botão de segurança girando o manípulo ao mesmo tempo para lá da posição onde ele é travado. Esta funcionalidade tem como principal objetivo evitar que as crianças sofram queimaduras quando estão sozinhas a utilizar a torneira. Para verificar que a torneira está a funcionar corretamente ela é ligada ao teste que faz passar água corrente pela torneira. A temperatura da água é controlada à saída através de uma sonda e a torneira apenas passa o teste se a temperatura se mantiver durante algum tempo dentro de um intervalo determinado. Este não é o único modelo que precisa desse controlo, tratando-se apenas de um exemplo. Outros modelos têm características diferentes que precisam de ser controladas e por isso passam igualmente pelo teste de água.

Na última bancada a torneira é novamente colocada num módulo giratório onde é apertado o outro manípulo e a torneira é limpa, antes de ser embalada juntamente com a instrução de instalação.

### 3.3 Descrição do processo de *Setup*

Este subcapítulo tem como objetivo descrever as práticas correntes de *setup* e de várias atividades relacionadas antes do início do projeto.

Os colaboradores responsáveis pelos *setups* são dois afinadores por turno, que para além disso têm também outras responsabilidades como manutenção de ferramentas e assistência em pequenas reparações nas linhas de montagem. A fábrica está num momento de expansão, com novas linhas a serem acrescentadas mas esse aumento da carga de trabalho não tem vindo a ser acompanhado com um crescimento do número de afinadores, o que significa que durante o turno existe geralmente dificuldade em responder a todas as solicitações de forma atempada.

Todo o processo começa quando uma linha está a acabar de produzir um lote de produtos e vai em seguida iniciar a produção de um produto diferente. O Centro de Informação (CI) da Montagem, responsável por atribuir as ordens de produção às várias linhas de Montagem, tem já planeado qual o produto que vai entrar em produção e com esta informação o Team Leader entra em contacto com um dos afinadores para informá-lo acerca da necessidade de *setup* na linha. O afinador segue para a linha para iniciar o processo de *setup*, caso esteja desocupado naquele momento; caso esteja a trabalhar numa outra tarefa termina-a e segue depois para a linha. Quando os afinadores têm diversas tarefas em “lista de espera” é o Team Leader o

responsável por definir prioridades e dizer-lhes quais as linhas a que se devem dedicar primeiro.

Quando chega à linha, o afinador traz apenas o seu carrinho de ferramentas, que tem todo o material que utiliza no dia-a-dia, não específico para aquele *setup* em particular (chaves, ferramentas, parafusos...). As tarefas que são normalmente necessárias num processo de *setup* são as seguintes:

- **Obtenção de informação relativa ao *setup***

Ao chegar à linha, o afinador analisa as ferramentas que lá estão, relativas à produção da ordem anterior e vê o que é necessário acrescentar ou remover para iniciar a produção do próximo produto. Por vezes esta primeira deslocação à linha serve também para se informarem acerca de qual o produto que vai entrar em produção, informação que muitas vezes não lhes é dada até esse momento. Uma vez que existe uma grande quantidade de produtos diferentes, um *setup* do produto A para o C pode demorar 10 min caso sejam produtos semelhantes e um *setup* de B para C 45 min ou mais se forem produtos totalmente diferentes (em termos das ferramentas utilizadas na sua produção). Assim é importante para eles saberem o que estava a ser feito para saberem se é necessário mudar tudo ou se algumas das ferramentas são comuns aos dois produtos.

- **Remoção e colocação de suportes**

De seguida o afinador tem de remover os suportes para apoio das torneiras. Estes suportes estão fixados com parafusos e são removidos com a ajuda de chaves de umbrako. Os suportes têm formas variadas mesmo para um único produto uma vez que é necessário fixar a torneira em diversas posições ao longo do processo de montagem, dependendo do componente que está a ser montado naquele posto em particular. Naturalmente, depois de removidos os suportes anteriores é necessário fixar os suportes que vão ser utilizados na linha. Encontrá-los nem sempre é uma tarefa fácil pois não têm um local de arrumação bem definido.

- **Remoção e colocação de aparafusadoras**

A maioria dos componentes requerem a utilização de aparafusadoras para serem montados, logo é normal que para além das aparafusadoras utilizadas em todos os produtos que estão fixas na linha, seja necessário um conjunto de aparafusadoras portáteis que são acrescentadas ou removidas consoante o produto a ser montado. As aparafusadoras portáteis são todas pneumáticas. Para removê-las é necessário desligar a mangueira de ar que as alimenta e retirá-las da linha, à qual estão fixadas através de um gancho de pressão. Saber quais as aparafusadoras a colocar na linha para a nova produção não é um processo muito intuitivo. As aparafusadoras estão identificadas com uma fita de cor que indica o torque para o qual estão calibradas e os afinadores trazem consigo uma folha que indica o intervalo de torque a que cada cor corresponde. Na ordem de produção estão indicados os intervalos de torque admissíveis para cada componente mas a não ser que os afinadores tenham completo conhecimento do processo de montagem, não têm como saber em que posto da linha o referido componente é montado, logo podem haver dificuldades em saber em que posto colocar a aparafusadora.



- **Troca e afinação de testes de ar e água**

Para verificar se as torneiras estão em boas condições de funcionamento utilizam-se testes de ar e testes de água. Os testes de ar são utilizados em todas as linhas e verificam a estanquidade da torneira. Os testes de água apenas são utilizados num grupo de linhas, as Termostáticas, onde são feitas torneiras que controlam a temperatura de saída da água e servem para testar essa mesma funcionalidade utilizando sondas térmicas. Para realizar estes testes utilizam-se suportes especiais com cilindros pneumáticos que avançam e recuam durante as diferentes fases do teste. Estes suportes são também fixados com parafusos e removidos utilizando chaves de umbrako. Para além de ser necessário trocar os suportes estes requerem ainda muitas vezes afinação da posição dos cilindros, não só porque alguns deles são utilizados para vários produtos diferentes mas também porque a afinação se perde facilmente quando os testes não estão em uso e qualquer desvio faz com que sejam rejeitadas no teste torneiras em boas condições, pois existem fugas devidas à desafinação e não a defeitos do produto. Este processo de afinação funciona à base de tentativa-erro e pode ser bastante moroso pois não é fácil encontrar a posição ideal de todos os componentes do teste.

- **Definição de parâmetros de funcionamento dos testes**

Depois de trocadas todas as ferramentas (testes, suportes e aparafusadoras) procede-se à calibração dos parâmetros de funcionamento dos testes de ar e água. Mais uma vez, esta informação não está disponível de forma imediata. Os parâmetros a utilizar estão indicados numa capa que os afinadores têm de ir buscar ao CI caso não os saibam de cor e têm de ser introduzidos e verificados manualmente.

- **Calibração de aparafusadoras elétricas**

Para as aparafusadoras elétricas, que estão fixas na linha existe um controlador onde se calibra o torque desejado para o seu funcionamento. Esta versatilidade das aparafusadoras elétricas apresenta clara vantagem relativamente às pneumáticas que apenas trabalham com o torque para o qual foram calibradas e por isso o número deste tipo de aparafusadoras tem vindo a aumentar.

- **Outras operações pontuais**

Frequentemente, para além das tarefas inerentes ao *setup* os afinadores têm ainda de realizar outras operações como pequenas reparações de ferramentas, troca de peças desgastadas e reabastecimento de consumíveis nas linhas.

### 3.4 Análise do Processo de Setup

Para se identificarem corretamente os problemas é necessário compreender os processos internos da empresa e, em maior detalhe, todas as atividades relacionadas com o processo de *setup*. Para isso foram acompanhadas dezenas de mudanças de linha para perceber o que estava bem, o que estava mal e onde havia possibilidades de melhoria. Outro ponto fundamental foram as entrevistas e conversas com os afinadores responsáveis pelas mudanças de linha e com outros funcionários responsáveis por outras tarefas que relacionadas, como o planeamento e a fabricação de ferramentas de trabalho para a linha de montagem.

Depois de haver uma boa compreensão acerca do processo, procedeu-se a uma análise mais pormenorizada de 20 processos de *setup* em que foram registadas com detalhe todas as atividades realizadas pelo afinador e anotado o tempo gasto em cada uma delas. Foi também

feito o registo em vídeo para permitir uma observação posterior com observadores externos para que estes pudessem identificar problemas partindo de uma outra perspetiva.

As atividades observadas foram classificadas como Externas ou Internas. As Tabelas 1 e 2 contêm alguns dados relativos às mudanças de linha observadas com registo detalhado dos tempos.

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| <b>Tempo de Atividades Internas</b> | 48% |
| <b>Tempo de Atividades Externas</b> | 52% |

Tabela 1 - Distribuição do tempo de *setup* em atividades externas e internas

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| <b>Setup mais curto</b>     | 8,4 min  |
| <b>Tempo médio de Setup</b> | 26,9     |
| <b>Setup mais longo</b>     | 71,6 min |

Tabela 2 - Tempo mínimo, médio e máximo de *setup*

Na Tabela 1 é indicado como se distribui o tempo total dos *setups* observados entre Atividades Externas e Atividades Internas. Na Tabela 2 estão alguns dados acerca da duração de um processo de *setup*: o tempo médio, o tempo mínimo e o tempo máximo registados nos 20 *setups* em que foram anotados os tempos de duração das tarefas. Estes dados permitem desde logo concluir que há aspetos a melhorar no processo de mudança de linha. A enorme fatia de tempo gasta em atividades que poderiam possivelmente ser externas pode ser explorada e trabalhada para que deixe de ser tão significativa reduzindo desde logo consideravelmente o tempo gasto. Para além disso, a grande discrepância entre tempos máximos e mínimos de mudanças de linha (Tabela 2) que à partida seriam semelhantes indica a existência de fenómenos que introduzem uma certa incerteza num processo que devia ser simples e completamente controlado.

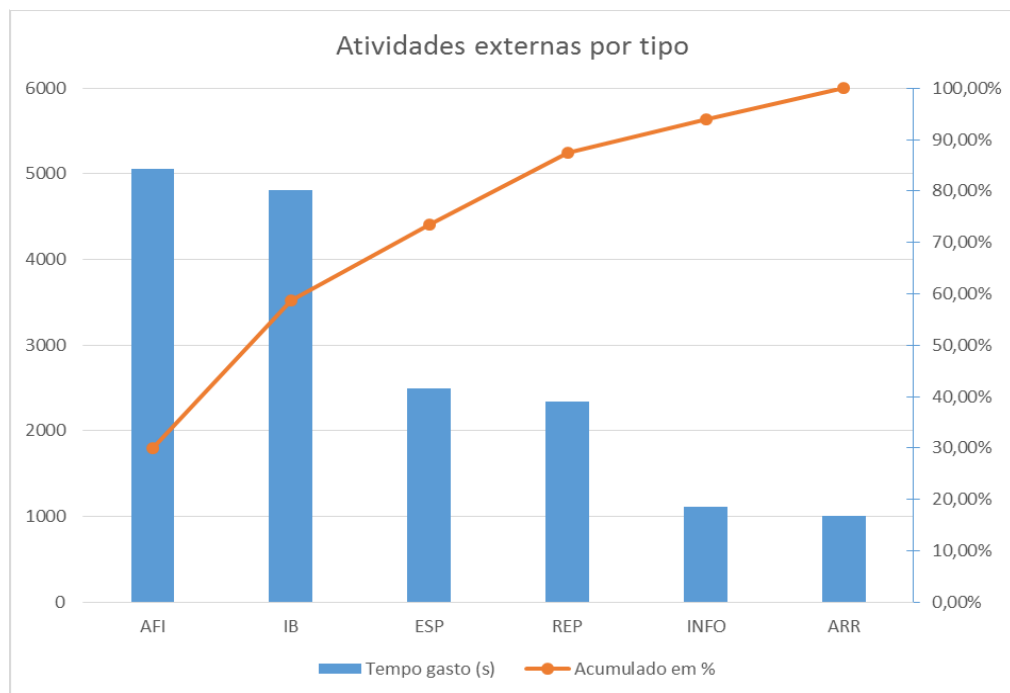
Devido a ocuparem uma parte tão significativa do tempo de *setup*, as atividades externas merecem uma análise mais detalhada e por isso foram ainda classificadas de acordo com o tipo/origem para obter alguns dados adicionais que permitiram retirar algumas conclusões interessantes. As categorias em que foram separadas as Atividades Externas estão indicadas e explicadas na Tabela 3.

|             |  |
|-------------|--|
| <b>AFI</b>  | Afinações de testes de ar ou outras ferramentas                    |
| <b>IB</b>   | Procurar e ir buscar ferramentas, testes, aparafusadoras...        |
| <b>ESP</b>  | Tempo de espera (esperar por corpos para afinar teste por exemplo) |
| <b>REP</b>  | Pequenas reparações durante o <i>setup</i>                         |
| <b>INFO</b> | Tempo gasto para procurar e consultar informação                   |
| <b>ARR</b>  | Tempo gasto a arrumar ferramentas/testes durante o <i>setup</i>    |

Tabela 3 - Categorias de Atividades Externas

No Gráfico 1 é possível ver como o tempo gasto em atividades externas está distribuído pelas diferentes categorias de atividades. As ocorrências foram ordenadas de forma decrescente e incluiu-se um gráfico de Pareto para se ter uma melhor noção do impacto que têm as principais causas de gasto de tempo.

Gráfico 1 - Tempo gasto em Atividades Externas por categoria



Estes dados permitem chegar à conclusão que as afinações nas ferramentas e nos testes e a atividade de procurar e ir buscar ferramentas, testes, aparafusadoras e outros materiais são as que ocupam mais tempo aos afinadores de entre as atividades externas, tratando-se de cerca de 60% de todo o tempo gasto em atividades que podiam ser feitas antes ou depois da paragem da linha, o que corresponde a mais de 30% do tempo total de mudança de linha observado. Assim sendo, o foco nestas categorias será o que trará mais benefícios em termos de eficiência e como tal é o que deve ser tratado mais urgentemente, o que não significa que o trabalho relativo às outras categorias seja menos importante.

### 3.5 Problemas Identificados

A quantidade significativa de atividades externas realizadas durante o *setup* com a linha parada não é a única razão para a demora das mudanças de fabrico. Neste subcapítulo estão identificados outros problemas igualmente pertinentes que se considerou serem aspetos a melhorar.

#### 3.5.1 Falta Informação Acerca da Importância do SMED

A Tabela 1 indica o tempo somado de todos os *setups* observados e a distribuição desse tempo em atividades internas e atividades externas. Os dados obtidos apenas com esta separação são bastante claros e permitem perceber facilmente que se desperdiça bastante tempo na mudança de linha realizando atividades que podiam ser feitas antes ou depois da mudança. Estes números indicam que apenas alterando o método de trabalho é possível conseguir ganhos significativos a nível de tempo gasto e consequentemente de eficiência da linha de montagem. Desde as primeiras observações foi notório que a falta de organização, de informação e de normalização de procedimentos era um dos maiores problemas que levava à demora injustificada do processo de *setup*. Este problema geral ramifica-se para dar origem a vários problemas mais específicos que se vão agravando ao longo do tempo e que não sendo atacados criam uma situação de entropia geral. Para além disso o desconhecimento dos profissionais acerca das melhores práticas de *setup* cria bastante desperdício durante o processo. O facto de os afinadores encararem o processo de *setup* como uma tarefa que é naturalmente demorada e necessária para o funcionamento das linhas de montagem e não como um tempo “desperdiçado” que podia estar a ser aproveitado para produção leva a que não exista a procura e o esforço constante para a redução do tempo de paragem da linha.

#### 3.5.2 Inexistência de Instrução de Trabalho

A Tabela 2 permite ficar com uma ideia da grande variabilidade existente no processo de *setup*. Sendo o tempo médio gasto com um *setup* cerca de 27 min, é estranho que hajam situações em que chega a demorar mais do que uma hora e situações onde não ultrapassa os 10 min. Apesar da grande variedade de produtos diferentes que existem e das variações que essas diferenças introduzem no processo de *setup*, esse facto por si só não explica esta tão grande variabilidade, uma vez que em geral os *setups* apresentam um grau de complexidade semelhante, ou seja, é possível que uma mudança de fabrico demore mais que outra devido às suas particularidades mas não é expectável que demore o triplo do tempo.

A inexistência de uma Instrução de Trabalho que indique aos afinadores como proceder permite que cada afinador utilize o método de trabalho que prefere e as ferramentas que prefere e essas diferenças no método refletem-se no tempo gasto. As diferenças entre os afinadores não são o único problema que a inexistência de instruções de trabalho traz. Ao fazerem *setups* que ocorrem menos frequentemente e que por isso não estão tão presentes na sua memória, sem nada por onde se guiarem, os afinadores gastam por vezes largos minutos a tentar averiguar quais as ferramentas necessárias e precisam muitas vezes de recorrer aos operadores da linha para que estes lhe expliquem como é montado o produto e como deve estar montada a linha.

### 3.5.3 Falta de Organização e Arrumação

O facto de não existirem locais definidos para arrumação das ferramentas necessárias para preparar a linha é também uma fonte de incerteza no processo porque os afinadores têm como hábito apenas ir buscar as ferramentas que precisam à medida que vão fazendo a mudança da linha. Esta procura de ferramentas tanto pode ser instantânea caso tenha sido o próprio afinador o último a arrumar a ferramenta e por isso saiba onde ela está como pode demorar vários minutos caso tenha sido um colega a arrumá-la, fazendo com o afinador tenha por vezes que correr todo o departamento de Montagem para encontrá-la.

Muitas das ferramentas não estão identificadas e não existe um registo completo das ferramentas existentes na fábrica, o que dificulta a sua catalogação e arrumação.

### 3.5.4 Dificuldades no Planeamento

O planeamento para o departamento de Montagem é feito em duas fases diferentes, ao contrário de todos os outros departamentos. Isto acontece porque é o único departamento que depende de fornecedores externos para poder produzir, visto que apenas o corpo da torneira é produzido internamente e todos os outros componentes vêm do exterior. Assim sendo, o planeamento geral disponibiliza as ordens de produção para a Montagem e já no departamento, o planeamento é feito em tempo real, uma vez que está sempre dependente da existência ou não em armazém dos restantes componentes do produto.

Este planeamento feito com pouco tempo de antecedência impede os afinadores de poderem planear corretamente o seu trabalho, pois para além de não terem tempo suficiente, as ordens planeadas nem sempre são produzidas como previsto porque quando chega a hora de entrarem em produção é frequente que não hajam componentes suficientes devido tanto a atrasos de fornecedores como a erros de stock no armazém. Esta situação leva a que por vezes uma linha que acaba de ser preparada para um produto tenha que ser mudada novamente sem produzir para evitar que esteja parada à espera de componentes.

### 3.5.5 Poucas Ações de Manutenção nas Ferramentas

É frequente acontecerem demoras inesperadas durante os *setups* devido a pequenas reparações que têm que ser feitas durante o processo. O pouco tempo que os afinadores têm disponível entre mudanças de linha não lhes permite fazer a manutenção correta das ferramentas e os problemas acabam por aparecer apenas quando elas estão a ser colocadas na linha, o que acaba por ser mais prejudicial pois em vez de a manutenção ser feita numa altura adequada e devidamente planeada, ela tem que ser feita enquanto a linha de Montagem está parada, fazendo com que se perca tempo de produção.

### 3.5.6 Falta de Standardização das Ferramentas

As ferramentas homólogas de produtos diferentes, isto é, que são usadas no mesmo posto na linha de montagem mas em produtos diferentes, não seguem um standard relativamente às suas dimensões e forma. Embora existam muitas que são iguais entre si, existe um número considerável que é diferente da maioria o que implica que as soluções de melhoria a aplicar tenham que ser válidas para os vários formatos existentes. De forma semelhante, utilizam-se por exemplo vários tipos diferentes de aparafusadoras, algumas pneumáticas, outras elétricas. Estas diferenças dificultam a criação e implementação de soluções de melhoria pois estas têm

que ser pensadas para servirem em vários casos diferentes e o que funciona para um formato de ferramenta pode não funcionar para outro.

Para além das dificuldades na implementação de melhorias, a existência de várias ferramentas diferentes também complica o trabalho dos afinadores que frequentemente precisam de fazer ajustes na linha quando passam de um formato de ferramenta para outro.

## 4 Apresentação das Melhorias Propostas e dos Resultados Obtidos com a sua Implementação

Neste capítulo é descrito o modo como os problemas identificados foram abordados e são apresentados os resultados das melhorias implementadas. Para além disso são ainda enumeradas melhorias que foram sugeridas mas não foram implementadas por variadas razões.

Dada a natureza dos problemas encontrados as soluções implementadas foram divididas em duas fases distintas: uma primeira onde são abordadas questões essencialmente relacionadas com organização, identificação e arrumação utilizando ferramentas *Lean* como os 5S e a Gestão Visual e uma outra dedicada à metodologia SMED aplicada ao processo de mudança de ferramentas na linha de montagem.

Estas duas fases foram consideradas necessárias porque foram detetados problemas que, embora não estivessem diretamente relacionados com o método SMED, eram de maior urgência pois tratavam-se de problemas relativos àquilo que é a base para qualquer processo *Lean*. A sua resolução é o primeiro passo para que depois se possa aplicar o método SMED com uma fundação sólida e assim obter os melhores resultados e acima de tudo manter esses mesmos resultados ao longo do tempo.

Para além destas intervenções foi também desenvolvida uma ferramenta informática de apoio aos operadores responsáveis pelas mudanças de linha que lhes permite obter rapidamente toda a informação de que necessitam durante o processo de forma instantânea e que representa uma grande melhoria em relação ao método anterior.

### 4.1 Projeto 5S

#### 4.1.1 Arrumação e Identificação de Ferramentas

A arrumação das ferramentas utilizadas na linha foi considerada desde o início como um assunto a resolver de forma prioritária pois era claro que traria benefícios ao nível de organização e segurança e principalmente que reduziria o tempo de mudança de linha de forma considerável apenas por eliminar o tempo de procura de ferramentas.

O primeiro problema a resolver para que as ferramentas fossem guardadas de forma adequada foi garantir que todas elas estavam devidamente identificadas e que existia um registo fiável das ferramentas existentes para que não existissem mais ferramentas do que locais de arrumação porque no caso de isso acontecer as ferramentas que não tinham lugar iriam começar a ser guardadas nos locais destinados a outras criando uma corrente de erros que eventualmente traria de volta a situação inicial. Assim sendo, fez-se um levantamento de todas as ferramentas existentes e o registo eletrónico de ferramentas existentes no

departamento foi devidamente atualizado. As ferramentas que foram encontradas sem identificação foram identificadas e estão agora contabilizadas, havendo condições para que sejam arrumadas com um local determinado para cada uma delas.

Para os testes de ar e de água fizeram-se estantes em escada. Este formato foi escolhido porque permite uma arrumação rápida e ao mesmo tempo mantém visíveis todas as ferramentas e a respetiva identificação permitindo que o afinador encontre o que precisa em segundos. Às estantes foram atribuídas letras e a dentro de cada estante as “escadas” foram numeradas para que o local de arrumação seja também identificável (Figura 4).

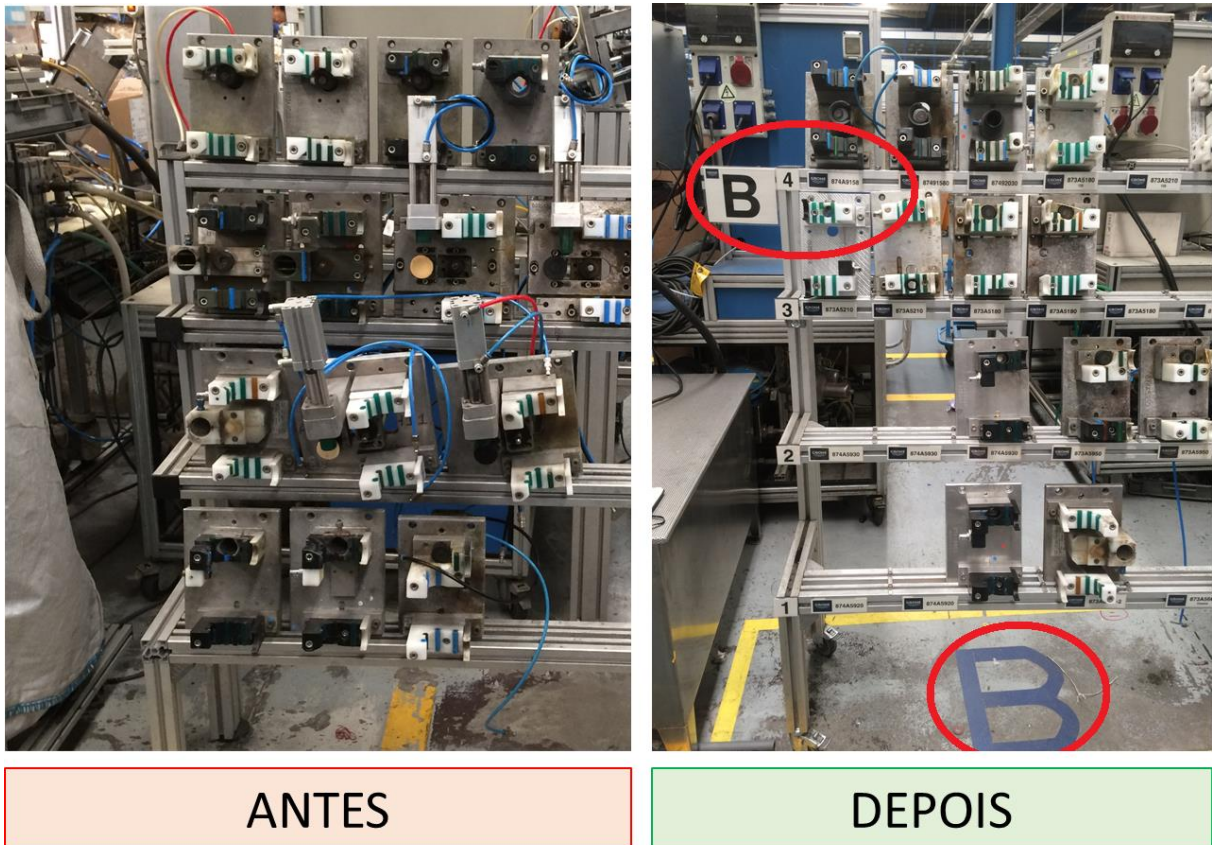


Figura 4 - Arrumação e identificação das ferramentas de suporte dos testes (antes e depois)

Os módulos giratórios e os suportes utilizados no posto 1 foram reorganizados e arrumados numa estante de forma diferente permitindo uma procura de ferramenta mais rápida e ao mesmo tempo reduzindo o espaço de arrumação (anteriormente ocupavam duas estantes). De forma semelhante à arrumação dos testes, também a esta estante se atribuiu uma letra e números aos níveis de arrumação como é possível observar na Figura 5.



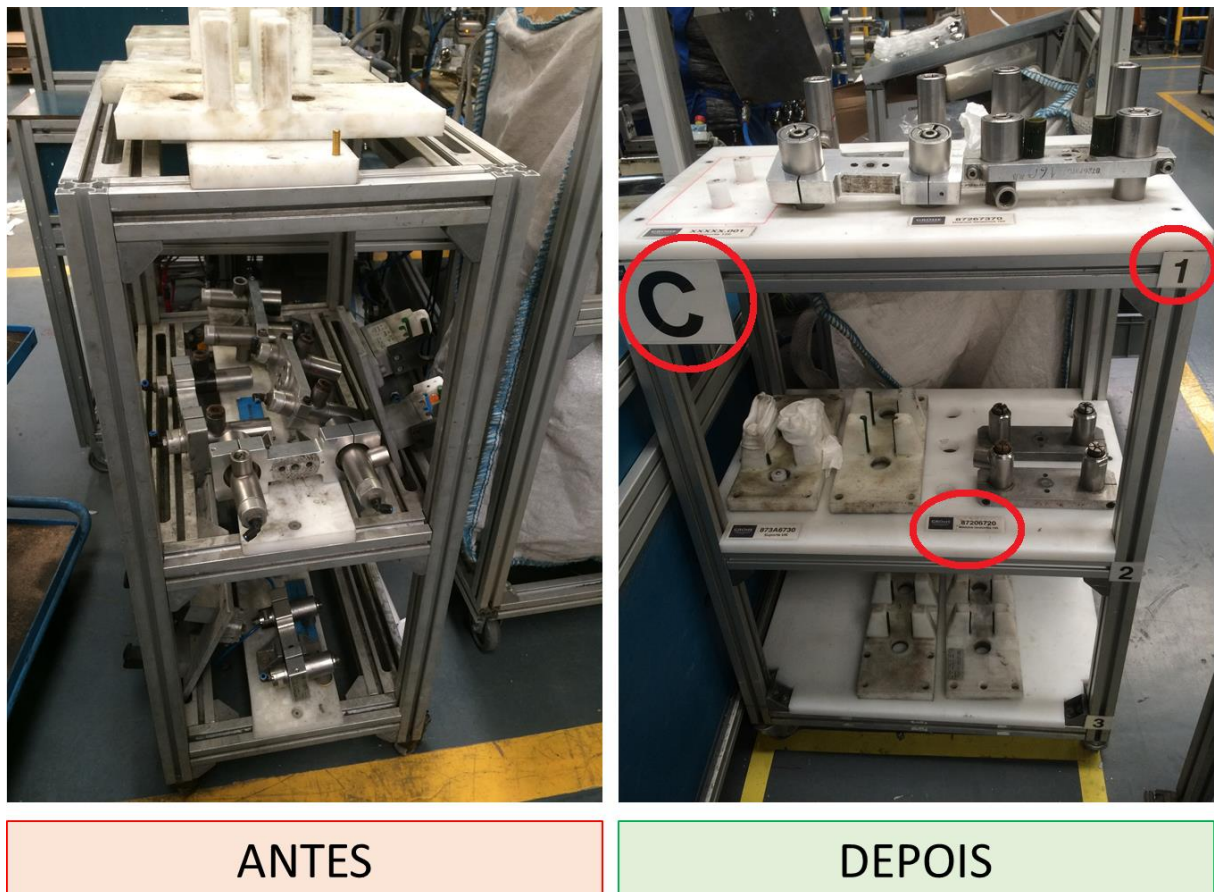


Figura 5- Arrumação e identificação dos suportes do Posto 1 e dos módulos giratórios (antes e depois)

As estantes têm rodas para maior conveniência e flexibilidade mas o seu local foi definido com marcações no chão de fábrica para evitar que fossem deixadas fora do sítio fazendo com que os afinadores perdessem tempo à sua procura.

#### 4.1.2 Arrumação e identificação de itens na linha

A arrumação de consumíveis e peças na linha mereceu também atenção porque foi identificada como causa de perda de tempo dos afinadores.

As peças em questão são bits e injetores. Os injetores são utilizados nos testes para injetar ar e água nas torneiras permitindo assim a realização do teste. A razão pela qual é necessário guardar mais na linha do que aqueles que estão a ser utilizados é a variação nas dimensões nas torneiras produzidas. As torneiras são produzidas com quatro distâncias diferentes entre as entradas de água: 120mm, 150mm, 153mm e 160mm. As de 150mm e 153mm utilizam os mesmos injetores e por isso a cada momento existem três conjuntos de quatro injetores na linha (dois para o teste de ar e dois para o de água). Os bits são utilizados nas aparafusadoras e nos motores de aperto para montar os diversos componentes no corpo da torneira mas não são todos usados em simultâneo uma vez que estão relacionados com diferentes produtos e por isso é necessário guardá-los na linha quando não são usados

Os bits e os injetores eram guardados em conjunto numa caixa sem qualquer tipo de arrumação e os afinadores perdiam algum tempo a remexer na caixa à procura das peças que queriam, sendo que por vezes elas não estavam lá e acabavam por ter de as ir buscar a outras linhas. Foi criado um local para arrumação dos bits e dos injetores (Figura 6) e foram

identificados de modo a ser possível encontrá-los de forma imediata. O objetivo é que este local de arrumação exista em todas as linhas para que caso falte alguma coisa essa lacuna seja facilmente detetada e corrigida evitando que haja necessidade de ir buscar material a outras linhas.

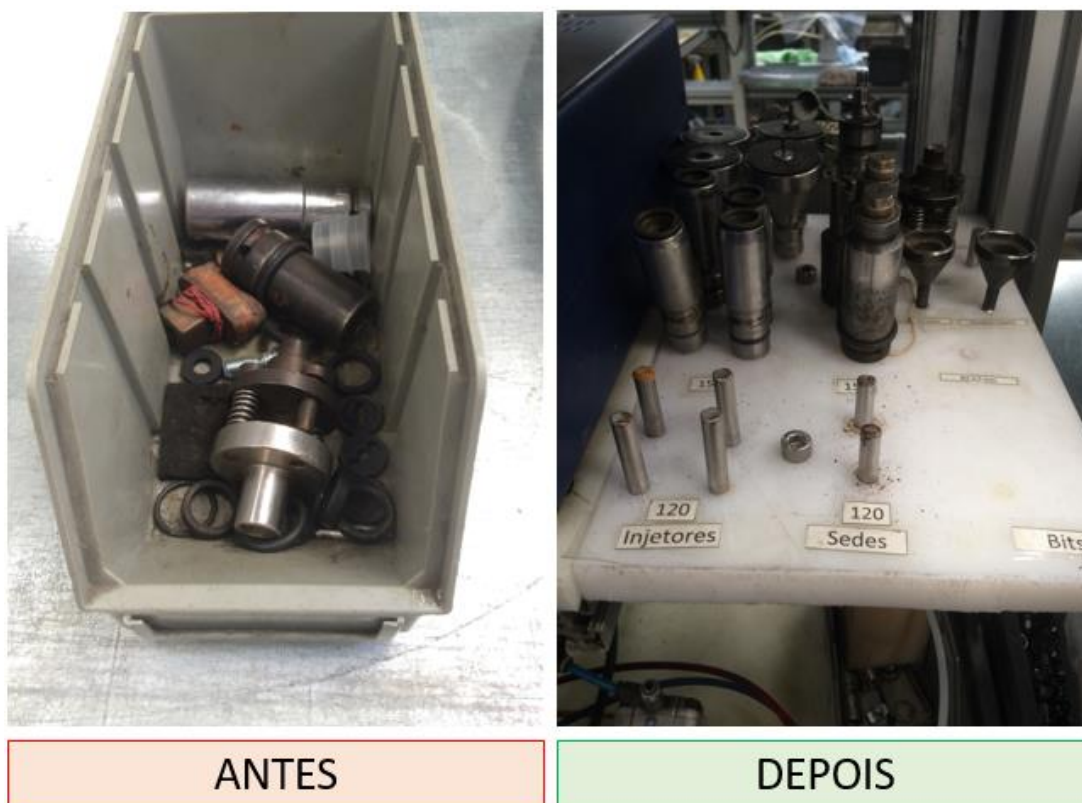


Figura 6 - Arrumação de bits e injetores na linha (antes e depois)

Relativamente aos consumíveis, tratam-se de produtos que são precisos frequentemente na linha de montagem e que levavam os operadores de linha a pedi-las aos afinadores que tinham a responsabilidade de as fornecer. São exemplos de consumíveis tecidos e esponjas usados no carimbo que em cada linha grava todas as torneiras produzidas e O-rings utilizados como vedantes. Para evitar que os afinadores tivessem esta responsabilidade para que tivessem mais tempo disponível para preparar as mudanças criou-se um local na linha onde é mantido um stock destes consumíveis que é reabastecido periodicamente.

#### 4.1.3 Criação de Instrução de Trabalho

A criação de uma instrução de trabalho foi também uma das prioridades porque a sua inexistência fazia com que não houvesse um padrão para o processo e melhorar algo que não está definido é muito mais complicado. A grande diversidade de produtos e consequentemente de procedimentos existentes impede a criação de uma instrução de trabalho detalhada que sirva para todos. Assim sendo, optou-se por desenvolver uma instrução de trabalho geral onde os passos necessários são definidos bem como a ordem pela qual devem ser executados, sem entrar em pormenor. As ferramentas a utilizar e as especificidades relativas à mudança de linha de cada produto são dadas aos afinadores através das Fichas de *Setup* criadas utilizando a ferramenta informática desenvolvida.

Com a criação da Instrução de Trabalho pretende-se criar um standard para o procedimento e trabalhar para introduzir melhorias tendo como base esse standard. A Instrução de Trabalho pode ser consultada no anexo A.

## 4.2 Ferramenta Informática de Apoio ao Setup

Um dos desafios com que os afinadores se deparam de forma recorrente é a dificuldade em obter informações acerca do processo de *setup* de um determinado produto de forma simples e eficaz. De facto, antes do início do projeto essa informação encontrava-se distribuída em diversos documentos aos quais os afinadores não tinham acesso imediato, querendo isto dizer que tinham que parar o seu trabalho e ir procurar esses mesmos documentos de cada vez que tivessem necessidade de verificar uma informação. Devido ao facto de quase todos os afinadores estarem nesse posto há vários anos, têm já memorizadas essas informações e não precisam de as consultar fazendo com que este tempo perdido não representasse uma grande fatia das Atividades Externas na análise feita às mudanças de linha que foram registadas. No entanto, mesmo os afinadores mais experientes por vezes estiveram em situações em que precisaram da ajuda dessa informação quando estavam a trabalhar com produtos de menor rotação e nesses casos os gastos em tempo foram consideráveis. Compreensivelmente, no caso de afinadores que ocupam a função há menos tempo o problema é muito mais grave e a falta de uma ferramenta que lhes permita obter toda a informação que precisam rapidamente é sentida. Por essa mesma razão um dos objetivos do projeto era criar uma ferramenta informática que permitisse agregar todos esses dados e ainda mais alguns que fossem considerados úteis.

As informações que se decidiu incluir e as respetivas localizações anteriores à criação da ferramenta informática foram as seguintes:

- Que ferramentas são necessárias para produzir um determinado produto – inexistente;
- Onde encontrar essas ferramentas - inexistente;
- Que aparafusadoras são necessárias para produzir um determinado produto - inexistente;
- Quais os torques a verificar após o *setup* - anteriormente verificada ordem de produção;
- Quais os programas a utilizar nos testes de ar e água - anteriormente verificada numa capa que se encontra numa estante no departamento;
- Qual a correspondência entre o código de cores utilizado nas aparafusadoras e o respetivo torque – anteriormente verificada numa folha que cada afinador leva consigo no carro de ferramentas.

A ferramenta foi desenvolvida utilizando o software Microsoft Excel e programação em VBA (Visual Basic for Applications). Na figura 7 está representada a primeira interface do ficheiro.

Código do Produto: 34448000 Selecionar produto anterior (opcional):

Atualizar Lista Ver

Figura 7 – Interface para os afinadores do ficheiro de criação de Folhas de Acompanhamento do *Setup*

Para consultar a ficha de um determinado produto, tudo o que é preciso fazer é selecionar esse produto na primeira *combobox*, carregar em “Ver” e esperar alguns segundos. Existe também a possibilidade de indicar numa segunda *combobox* qual era o produto que a linha estava a produzir antes. Esta funcionalidade tem como objetivo evitar o transporte de ferramentas e

materiais desnecessários para a linha em casos em que os produtos usam ferramentas em comum. Se selecionarem esta opção, ao olharem para a ficha criada, recebem a informação de quais as ferramentas ou aparafusadoras que não precisam de levar para a linha porque já lá se encontram devido a terem sido usadas na ordem de produção anterior. Esta interface está disponível para os afinadores de modo a que possam, quando necessário consultar ou imprimir qualquer folha de acompanhamento de *setup* que necessitem.

Ainda na primeira página encontram-se ainda as instruções de utilização que permitem que qualquer utilizador, mesmo que não esteja familiarizado com o programa o possa usar de forma eficaz.

Numa outra interface, apenas acessível com *password* encontram-se três botões que permitem ao utilizador do ficheiro adicionar, editar e eliminar fichas de produtos de forma simples. A adição e edição das fichas é feita através de um *Form* intuitivo onde são inseridas as informações. Para eliminar uma ficha basta selecionar o produto e confirmar a escolha.

No anexo B pode ser observado um exemplo de uma Folha de Acompanhamento de *Setup* completa com toda a informação relativa a um produto.

O documento tem três páginas e a informação que aparece nas folhas surge pela ordem em que o afinador precisa delas. A primeira página deve ser utilizada ainda antes de o afinador se deslocar à linha. Sabendo o produto a produzir, são indicados todos os suportes, testes e módulos giratórios por ordem do posto e bancada em que são utilizados na linha. Os códigos das ferramentas são acompanhados de imagens que o ficheiro vai buscar aos ficheiros partilhados da empresa para facilitar a identificação visual, uma vez que para um afinador inexperiente um código pode não ter significado mas uma imagem é facilmente interpretada por qualquer um. Talvez ainda mais importante que a imagem, os dados da ferramenta incluem ainda o local onde ela está arrumada, tendo por base o sistema de letras e números que foi implementado na arrumação da ferramentas, referido no subcapítulo 4.1.1. Esta informação faz com que qualquer colaborador, mesmo que nunca tenha desempenhado funções de afinador, seja capaz de encontrar todas as ferramentas de que precisa num curto espaço de tempo.

Também na primeira folha está o espaço onde é indicado o tipo e a quantidade de aparafusadoras necessárias. Na empresa as aparafusadoras são identificadas com uma fita adesiva de cor que indica o intervalo de torque para que estão calibradas e para facilitar o trabalho aos afinadores essa correspondência está também esclarecida na ficha. Tal como foi dito anteriormente, se o utilizador especificar o produto que estava a ser produzido anteriormente, o número de aparafusadoras dos dois é comparado, ou seja, se ambos os produtos utilizarem uma aparafusadora azul, na ficha a necessidade de aparafusadoras azuis vai ser zero porque apenas se utiliza uma e ela já lá está.

Finalmente existe um espaço onde são indicadas, para os suportes, módulos giratórios e testes são indicadas alternativas, uma vez que as ferramentas podem estar a ser ocupadas por outra linha e nalguns casos existem outras que as podem substituir. Esta informação vem de uma terceira folha onde existe uma correspondência entre cada ferramenta e alguma informação relativa à mesma como o seu local de arrumação e as suas alternativas.

A segunda página é totalmente ocupada com três fotos, uma de cada bancada de trabalho da linha. O objetivo destas fotos é os afinadores terem uma noção de como a linha normalmente é montada e poderem assim colocar tudo no sítio correto à primeira tentativa. Não raras vezes eles são chamados pelos operadores da linha para movimentar um suporte um pouco mais para um lado ou para o outro por questões ergonómicas, de maneira a que o operador consiga fazer o seu trabalho com menos esforço. Tendo acesso a estas fotos onde a linha está montada com tudo no local correto eles podem replicar a posição das ferramentas evitando uma segunda tentativa. Para além disso nas fotos estão assinaladas todas as aparafusadoras que se

encontram na linha e cada uma é identificada com uma letra. Essa letra é utilizada na terceira página para criar uma legenda que indica aos afinadores o intervalo de torque em que deve estar cada aparafusadora, visto que precisam de fazer esta verificação para confirmar se a linha está pronta para iniciar o trabalho.

Na terceira e última página, para além da legenda anteriormente referida encontram-se ainda todas as informações relativas aos testes de ar e água. A disponibilidade imediata de informação contrasta com a situação anterior onde era necessário interromper a mudança de linha e deslocar-se ao local de arrumação das capas com essa informação caso houvesse alguma dúvida. Para além disso apresenta a grande vantagem de em caso de alterações nos parâmetros de teste, a alteração da Folha de Acompanhamento de *Setup* ser bastante simples.

Esta ferramenta permite aos afinadores trabalhar de forma mais rápida e segura pois têm acesso a toda a informação de que dispunham antes mas de forma muito mais prática e para além dessa dispõem ainda de informação adicional para complementar e melhorar o seu trabalho.

### **4.3 Projeto SMED**

Depois de introduzir alguma organização e standardização no processo de mudança de ferramenta decidiu-se começar a aplicar verdadeiramente a metodologia SMED. Os passos que foram explorados foram a separação de Atividades Internas e Externas, a conversão de Atividades Internas em Externas e a redução do tempo gasto em Atividades Internas.

#### **4.3.1 Sensibilização dos Afinadores**

Antes de começar a implementar qualquer tipo de medidas de alteração do procedimento, considerou-se que o primeiro passo a dar e o mais importante deveria ser a sensibilização dos atores do processo para as vantagens que poderiam resultar do sucesso do projeto SMED.

Foi mostrada a análise inicial que foi feita e a separação e comparação entre Tempo Externo e Tempo Interno. Desta maneira, foi possível aos afinadores perceber que diminuindo o tempo gasto em Atividades Externas haveria não só vantagens do ponto de vista da empresa mas também vantagens para eles porque o seu trabalho ficaria organizado e fluído ao fazerem as coisas de forma mais eficiente. Salientou-se a importância de encarar cada momento de paragem da linha de montagem como um momento em que se perde valor e a urgência que deve ser tida para que ela volte a trabalhar. Todos os afinadores demonstraram compreender a importância do assunto e mostraram-se motivados e dispostos a colaborar, atitude que mantiveram ao longo de toda a duração do projeto. A ajuda de quem está no terreno todos os dias a lidar com os problemas que estão a ser estudados é preciosa e foi, aliás, graças a sugestões deles que nasceram várias das ideias de melhoria. Todas as ideias foram desenvolvidas tendo em conta o seu feedback para garantir que seriam aplicáveis e que trariam o maior benefício possível.

#### **4.3.2 Carrinho para Transporte de Ferramentas**

Como foi verificado durante a análise da situação inicial do processo de *setup*, uma fatia significativa do tempo era gasto a procurar, a ir buscar e a arrumar ferramentas. A situação era de facto preocupante, mas ao mesmo tempo de resolução relativamente simples e por isso esse foi o primeiro ponto a ser trabalhado. Depois de arrumadas as ferramentas e de se garantir que



a sua procura era simples e rápida, era necessário que os afinadores deixassem de fazer essas atividades durante o processo de *setup*. Embora compreendessem a necessidade de alterar o seu método de trabalho, não havia facilidade em fazê-lo porque não tinham um local indicado para guardar as ferramentas durante o *setup*. Para solucionar esse problema, foi contruído um carrinho de transporte de ferramentas que é arrumado no mesmo local das ferramentas. Quando a linha está a terminar a ordem de produção, o afinador deve deslocar-se à zona de arrumação, procurar todas as ferramentas de que precisa e coloca-las no carrinho. O carrinho deve depois ser levado para a linha e lá devem ser arrumadas as ferramentas que são retiradas da linha, de modo a não existirem movimentações desnecessárias do afinador entre a zona de arrumação e a linha para arrumar uma ferramenta. No final do *setup* o carro é levado para a zona de arrumação e é colocado no seu local. Depois de arrumadas todas as ferramentas retiradas da linha. Na figura 8 é possível ver o carro de transporte de ferramentas no seu local de arrumação, junto das arrumações de ferramentas.



Figura 8 - Carrinho de transporte de ferramentas no seu local de arrumação

#### 4.3.3 Bancadas para Afinação Prévia

As quantidades de tempo bastante significativas gastas em afinações de testes devem-se às características dos próprios testes. Por serem feitos com o objetivo de serem adaptáveis para

mais do que um produto têm bastantes partes móveis e ajustáveis. Esses pequenos ajustes são feitos de forma relativamente rápida mas é difícil que tudo fique na posição correta à primeira tentativa e por isso existe um processo tentativa-erro em que depois de se ajustar a posição das peças do teste se utiliza uma torneira para verificar que não existem fugas de ar devido a pequenos erros de posicionamento das partes móveis do teste. Caso haja sinais de fuga, é necessário averiguar se a fuga se deve realmente a erros de afinação ou a defeito da torneira utilizada. A cada tentativa são gastos alguns segundos para correr o teste de ar e por isso entre afinações e corridas de teste, o tempo gasto acaba por ser ter um impacto significativo no tempo final do processo de *setup*.

A solução pensada para contornar este problema passa por adquirir uma ou duas bancadas de teste, isto é, o segmento da linha onde é utilizado o teste de ar, e alimentá-las com ar comprimido de modo a se obter réplicas da ferramenta utilizada na linha. Estas bancadas extra serviriam para os afinadores terem hipótese de afinar o teste fora da linha, antes do *setup*. A afinação do teste passaria então a fazer parte da preparação para o *setup* e não do processo em si.

Depois de se discutir esta hipótese chegou-se à conclusão que, apesar de se prever uma redução do tempo de mudança de linha, a atividade de afinação na linha não seria totalmente eliminada porque seria necessário pelo menos verificar se a afinação feita momentos antes se mantinha. Para além disso, é também necessário ter em conta o elevado investimento que representaria a compra destas bancadas comparativamente ao custo de outras propostas de melhoria. Assim sendo, decidiu-se dar prioridade a outras problemáticas que poderiam ser resolvidas mais facilmente e que possivelmente trariam mais benefício.

#### **4.3.4 Utilização de Torneiras Padrão para Afinação da Linha**

As torneiras padrão são torneiras exatamente iguais às que são produzidas na linha com a particularidade de se saber com certeza se têm ou não defeito. Utilizam-se geralmente para verificar a fiabilidade dos testes, ou seja, para garantir que não estão a ser emitidos falsos positivos ou falsos negativos. Uma vez que são idênticas às torneiras produzidas, as torneiras padrão poderiam também ser utilizadas como modelos para a afinação de toda a linha de montagem, especialmente os testes. A utilização de torneiras padrão para este fim traria a grande vantagem de eliminar os tempos de espera dos afinadores, que acontecem quando, depois de toda a linha estar preparada para arrancar, têm que esperar que a primeira torneira comece a ser montada para que possam testar a funcionalidade da linha (posição dos suportes, posição das aparafusadoras) e dos testes. Quando devido a demora de algum dos componentes da torneira não é possível montar um exemplar em tempo útil, o afinador avança para outra tarefa e mais tarde regressa à linha para verificar se está tudo bem agora que pode utilizar a torneira para o fazer. A possibilidade de ter sempre um exemplar pronto para servir de modelo para testar a linha reduziria certamente o tempo de muitas mudanças de linha e deixaria também os afinadores com mais tempo para outras atividades.

No entanto, não existem de momento torneiras padrão para muitos dos modelos e algumas das que existem já estão desatualizadas. Essa questão foi colocada e está já a ser tratada e resolvida da melhor forma pelo departamento de qualidade, responsável pelas torneiras padrão.

#### **4.3.5 Utilização de Apertos Rápidos**

Depois de trabalhar com o objetivo de fazer com que o máximo de Atividades Externas sejam realizadas antes ou depois do tempo de paragem da linha, tentou-se reduzir o tempo de

algumas Atividades Internas, como é o caso do aperto e desaperto de suportes e testes. Esta atividade foi a primeira Atividade Interna a merecer atenção porque é a que acontece com mais frequência.

Em alternativa aos quatro parafusos utilizados em cada suporte consideraram-se várias hipóteses como guias de fixação, parafusos de aperto rápido ou grampos. Devido às características das ferramentas e do seu modo de funcionamento, é importante uma fixação forte e segura e concluiu-se portanto que a única alternativa viável seriam os parafusos de aperto rápido.

Depois de alguma pesquisa acabou-se por escolher um modelo “quarto-de-volta” com um aperto de mola. Quando foi testado, este tipo de aperto revelou ser demasiado frágil para a utilização pretendida e como tal decidiu-se que seria mais indicado optar por pinos com bloqueio feito por esferas, que oferecem uma fixação mais segura. Infelizmente houve um erro na emissão da encomenda destes últimos que causou um atraso de algumas semanas na sua chegada e por isso não foi possível recolher resultados para o tempo de *setup* obtido com a utilização deste tipo de aperto rápido em detrimento dos parafusos. Na imagem 9 pode-se ver um exemplar de cada um dos dois tipos de aperto rápido em causa.



Figura 9 - Os dois tipos de aperto rápido testados: quarto de volta (à esquerda) e bloqueio com esferas (à direita).

As linhas e as ferramentas requerem adaptação para este tipo de aperto, pois são utilizados casquilhos para fixação em vez de roscas. Em breve os pinos com bloqueio de esfera serão testados numa das linhas e se se revelarem vantajosos serão aplicados às restantes.



#### 4.3.6 Criação de Ferramenta Universal para o Posto 1

Continuando com o objetivo de reduzir a duração das Atividades Internas observou-se a possibilidade de eliminar um dos passos da mudança na maioria dos *setups*. O passo em questão é a substituição do suporte do posto 1 da primeira bancada das linhas. Neste posto o corpo da torneira é colocada num suporte de rilene para que sejam montados alguns componentes. O corpo da torneira precisa de estar apoiado de forma segura pois os motores de aperto utilizados para enroscar estes componentes produzem uma força elevada que pode fazer com que a torneira se mova de forma brusca, sendo por isso a função do suporte proteger o operador impedindo que a torneira salte da posição e magoe alguém. De momento existem quatro tipos de suportes diferentes, sendo que desses quatro, dois são utilizados em 90% da produção e os outros dois são utilizados para produtos mais específicos. Na figura 10 é possível observar um dos suportes e a maneira como a torneira é lá colocada.

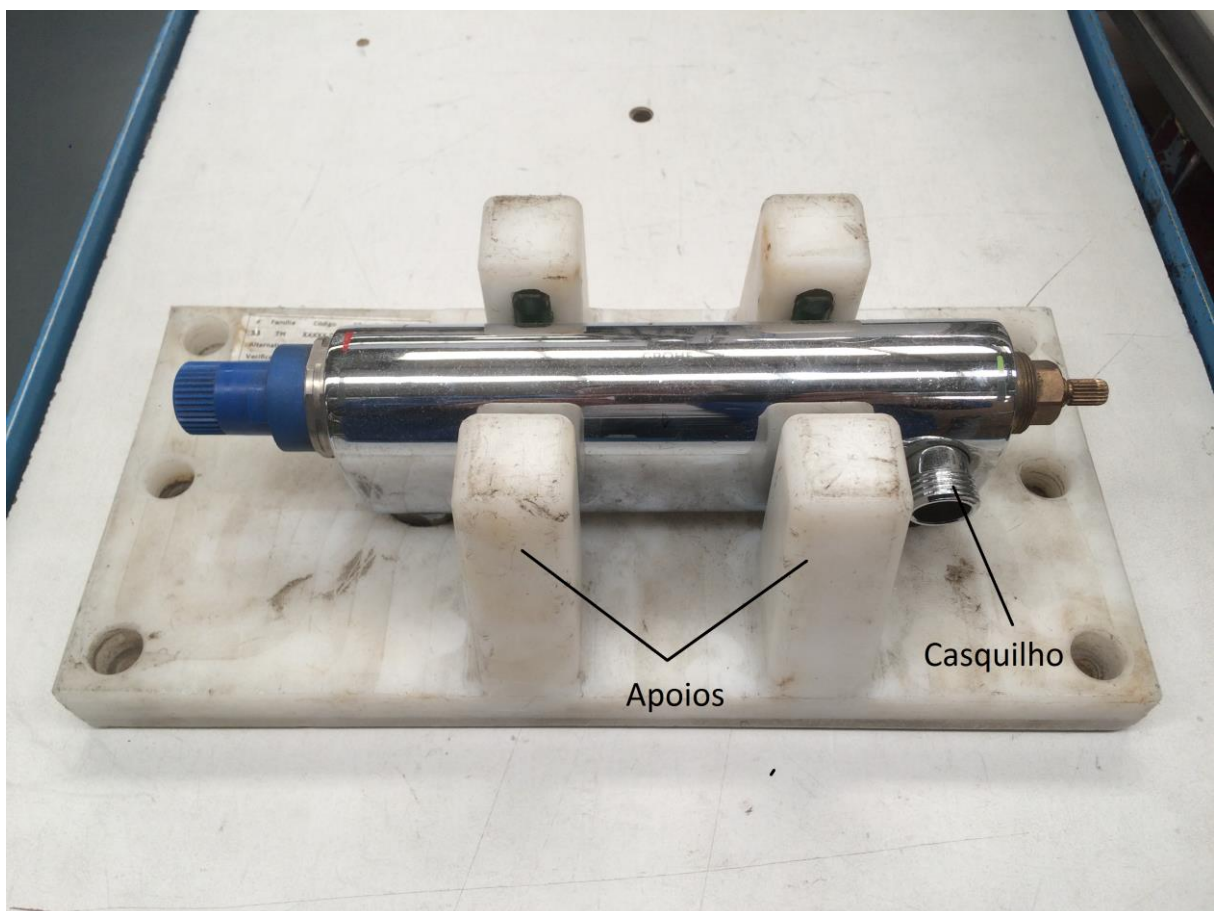


Figura 10 - Peça no suporte do Posto 1.

A proposta passa por conseguir desenvolver um suporte que substitua os dois mais utilizados, que diferem apenas na posição dos apoios que seguram a torneira no sítio eliminando assim a necessidade de troca do suporte na grande maioria dos casos. A diferença entre os suportes está relacionada com a posição do casquilho na peça, sendo que existem três posições diferentes, como está ilustrado de forma esquemática na figura 11, juntamente com os suportes utilizados em cada um dos casos.

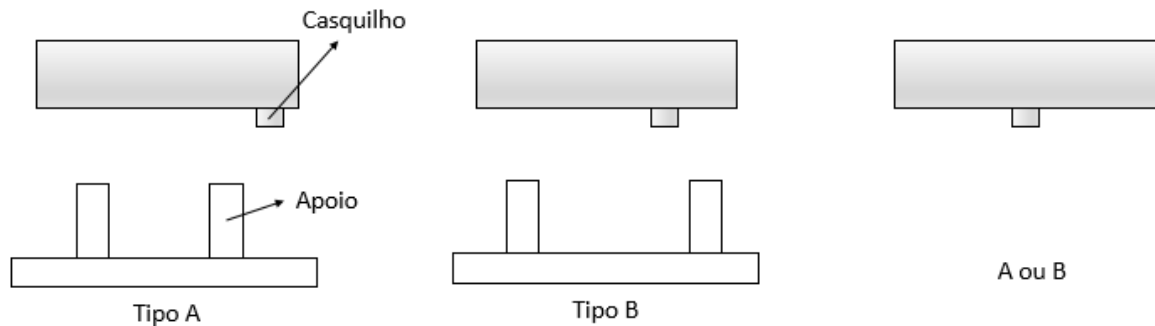


Figura 11 - Tipo de suporte utilizado tendo em conta a posição do casquilho

Para que seja possível utilizar um suporte que sirva para todos os casos e ao mesmo tempo cumpra os requisitos de segurança alterou-se ligeiramente a forma e posição dos apoios chegando a uma proposta interessante que vai ser utilizada para o desenvolvimento de um protótipo que vai ser testado para confirmar a sua funcionalidade. A figura 12 ilustra a forma proposta para o suporte único.

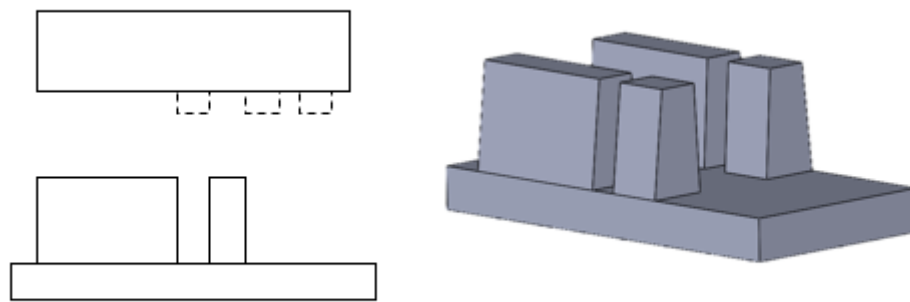


Figura 12 - Representação esquemática (esquerda) e tridimensional (direita) a proposta para o novo suporte

#### 4.4 Resultados Obtidos

As ações de melhoria levadas a cabo permitiram sem dúvida alguma avanços ao nível da organização e da standardização e trouxeram algumas facilidades ao trabalho dos afinadores. No entanto, isso não significa que o tempo de duração do *setup* tenha efetivamente diminuído e por isso realizaram-se algumas observações de *setup* de maneira semelhante à utilizada para analisar a situação inicial. Os afinadores foram acompanhados durante todo o processo e todos os passos feitos durante a mudança foram registados com a respetiva descrição e tempo gasto. Garantiu-se que seguiram a nova Instrução de Trabalho e que tiraram o máximo partido de todas as melhorias tendo como principal objetivo a eliminação total dos tempos externos relacionados com a falta de informação e com a procura e transporte de ferramentas, sendo essas atividades feitas antes e depois da mudança. Para além das melhorias foi também uma experiência interessante para observar o método de trabalho dos afinadores e perceber se realmente o projeto ajudou a que olhassem para o processo de *setup* através de uma perspetiva diferente, procurando sempre formas de obter melhorias.

Devido à grande variabilidade inerente ao processo de *setup* resultante do grande número de produtos diferentes e das diferenças existentes entre esses produtos é possível que a variação no tempo de mudança de ferramentas não reflita totalmente a realidade em termos de melhorias num processo. O mix de produtos que está em produção na altura da medição de resultados pode implicar um tempo maior ou menor do que o que seria verificado caso o conjunto de produtos fosse outro ainda que o método de trabalho e as ferramentas disponíveis fossem exatamente as mesmas. Por isso, para além do tempo médio foi também analisada a forma como o tempo foi utilizado e para tentar perceber se as melhorias implementadas tiveram o resultado esperado.

Foram acompanhadas seis *setups* utilizados como teste para verificar o efeito das melhorias implementadas. Os resultados foram os que são apresentados na Tabela 4.

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| <b>Setup mais curto</b>            | 8,85 min  |
| <b>Tempo médio de <i>setup</i></b> | 12,59 min |
| <b>Setup mais longo</b>            | 28,98 min |

Tabela 4 - Resumo dos resultados obtidos depois da aplicação das melhorias.

Os números obtidos indicam que houve uma redução de 53% no tempo médio de *setup* e que o tempo máximo gasto num *setup* diminuiu também. O tempo mínimo manteve-se praticamente inalterado mas a diferença entre tempo máximo e mínimo diminuiu bastante o que indica uma redução na variabilidade do processo. Curiosamente, houve um resultado que se destacou claramente dos restantes e foi o correspondente ao tempo máximo. Uma análise semelhante à que foi feita mas sem ter em conta esse valor permite retirar conclusões interessantes (Tabela 5).

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| <b>Setup mais curto</b>            | 8,85 min |
| <b>Tempo médio de <i>setup</i></b> | 9,32 min |
| <b>Setup mais longo</b>            | 9,78 min |

Tabela 5 - Resultados obtidos sem contabilizar o valor correspondente ao *setup* mais demorado.

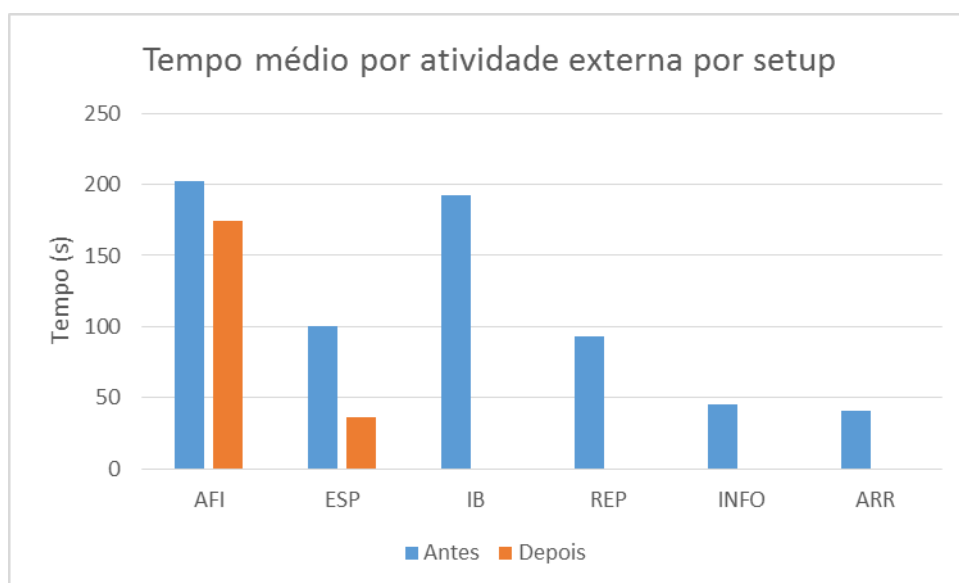
Como se pode verificar todos os restantes cinco *setups* observados foram realizados em tempos bastante próximos dos nove minutos. Esta discrepância entre estes valores e o *setup* que foi excluído desta segunda análise são explicadas pelas já referidas diferenças entre produtos, ou seja, pode-se considerar existem duas categorias de *setups*, os “curtos”, entre produtos semelhantes e os “longos”, entre produtos com bastantes diferenças no seu processo de produção.

Olhando para estes dados é ainda mais notável a redução na variabilidade do processo, uma vez que os cinco *setups* “curtos” demoraram quase exatamente o mesmo tempo. Esta estabilidade está muito provavelmente relacionada com a introdução da instrução de trabalho e com a disponibilização de informação facilmente acessível para os afinadores que faz com que o procedimento seja sempre semelhante independentemente de quem desempenha a tarefa e do seu nível de conhecimento acerca da mesma. Também as grandes melhorias ao nível de organização e arrumação tiveram influência: o simples facto de se trabalhar num espaço mais organizado faz com que as tarefas decorram de forma mais fluida e previsível. Eliminar

situações que traziam uma relativa aleatoriedade ao processo como a procura de informações em alguns casos de necessidade ou a dificuldade em encontrar ferramentas trouxe estabilidade o que é vantajoso para que no futuro seja mais fácil estudar o processo e também para os afinadores que podem ter agora um maior controlo sobre o seu trabalho e planeá-lo mais eficazmente.

Apesar destes dados indicarem fortemente a existência de uma melhoria, não são totalmente conclusivos. De facto, os resultados podem variar dependendo da mistura entre *setups* “curtos” e “longos” que é observada e registada. Para ter uma visão mais clara do impacto das ações de melhoria levadas a cabo será interessante observar o que sucedeu relativamente às atividades possivelmente externas, divididas nas categorias indicadas na Tabela 3. No Gráfico 2 é possível observar a comparação entre a situação inicial e a situação atual. Para cada categoria de atividade externa é comparado o tempo médio utilizado por *setup* antes e depois da aplicação das melhorias.

Gráfico 2 - Tempo médio gasto em cada atividade externa por *setup*, antes e depois da aplicação das melhorias



Como se pode observar, o tempo gasto em procurar, ir buscar e arrumar ferramentas, em procurar informação e em pequenas reparações foi nulo nestes *setups*. Já a afinação e a espera por torneiras para que se possa fazer a verificação ao teste continuam a representar uma oportunidade de melhoria, sendo que ainda assim registaram-se melhorias nestes pontos.

O novo sistema de arrumação de ferramentas e a existência da Folha de Acompanhamento do *Setup* permitem que os afinadores consigam preparar as mudanças com antecedência sabendo apenas o código do produto que irá ser produzido. Adicionalmente, seguindo corretamente a instrução de trabalho, as atividades de transportar as ferramentas para a linha e da linha para o seu local de arrumação são feitas fora do tempo de paragem da linha. A Folha de Acompanhamento do *Setup* dá-lhes todas as informações de que necessitam e podem consultá-la enquanto a linha está a trabalhar. Desta forma evita-se que tenham que parar o procedimento de *setup* a meio quando precisam de esclarecer alguma dúvida.

A inexistência de pequenas reparações pode ser derivada da arrumação mais cuidada das ferramentas mas pode também tratar-se de uma aleatoriedade que ocorreu por não ter sido contabilizado um número suficiente de *setups*.

Relativamente às afinações de testes e tempos de espera, estes são agora os maiores problemas a enfrentar. A utilização de bancadas de teste extra e a criação de torneiras padrão para todos os modelos como foi proposto pode vir a resolver estes problemas mas como se tratam de investimentos significativos cabe à empresa decidir se valerá a pena apostar nestas soluções.

A eliminação total dos tempos gastos nas atividades externas que as propostas aplicadas pretendiam eliminar e a redução do tempo médio de *setup* em mais de 50% são resultados positivos. Para além disso o aumento de estabilidade do processo é um grande avanço e uma prova de que a standardização do trabalho pode trazer resultados que com certeza serão bastante úteis em futuras ações de melhoria. A motivação e envolvimento dos afinadores foi também muito positiva e contribuiu bastante para os resultados obtidos. É fundamental manter esta pro-atividade de forma a continuar o ciclo de melhoria e procurar sempre chegar mais longe.

## 5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Partindo de uma situação inicial em que os *setups* de linha eram um processo com bastante espaço para melhoria e várias dificuldades a nível de organização e standardização, o desafio proposto passava por conseguir uma redução de 30% no tempo de paragem da linha e desenvolver uma ferramenta informática que permitisse gerir toda a informação relativa aos *setups*.

A utilização de ferramentas *lean* como os 5S, gestão visual e standardização como forma de reduzir a entropia e estabilizar um processo que era altamente variável foi indispensável para numa primeira etapa definir um “processo base” como ponto de partida para a introdução de melhorias.

Esta experiência prática de aplicação do método SMED permitiu perceber que este método está fortemente ligado à compreensão dos conceitos *lean*, que são muitas vezes indispensáveis para que se criem condições de trabalho que permitam aos operadores trabalhar de forma mais eficiente. Exemplo disso mesmo foram as atividades que foram identificadas como possivelmente externas e que apenas com alguns ajustes passaram a ser efetivamente externas, como é o caso do transporte de ferramentas de e para a linha.

As melhorias implementadas tiveram um impacto positivo no processo e os objetivos foram cumpridos. A redução de 53% no tempo médio de *setup* é significativa mas, devido à grande variedade de *setups* diferentes que estão em causa, é tão ou mais importante realçar a redução na variabilidade do processo e o sucesso das melhorias que tinham como objetivo a eliminação de atividades externas do tempo de paragem da linha.

A ferramenta informática será certamente bastante útil como forma de reunir num só documento todas as informações que os afinadores necessitam e pode fazer com que o seu trabalho seja mais eficiente e de maior qualidade. Trata-se de um trabalho que requer continuidade e manutenção mas que é indispensável tanto para apoio aos afinadores atuais como para ajuda a colaboradores que venham a desempenhar essa função com menos experiência.

Todas as medidas implementadas representam apenas um pequeno avanço se tivermos em consideração as possibilidades que estão ainda por ser exploradas. A procura pela melhoria deve ser uma constante e não se restringir à duração de um projeto. Se for adotada esta mentalidade não só serão mantidas as melhorias que existem atualmente como certamente haverá muitas outras a ser projetadas e aplicadas no futuro.


Finalmente importa salientar que o bom ambiente no local de trabalho, a confiança nos colaboradores e a cooperação entre todos são fundamentais para o sucesso de qualquer projeto e isso é ainda mais claro num projeto deste tipo que requer envolvimento por parte de todos e uma mudança de perspetiva relativamente à forma como o trabalho é feito. Uma força de trabalho motivada é uma ferramenta poderosa e neste projeto em particular essa foi uma grande vantagem pois foi desse envolvimento que nasceram várias das ideias de melhoria implementadas e propostas. Essa dinâmica deve ser mantida e seguramente continuará a trazer benefícios quer para a empresa quer para todos os colaboradores.


## Referências

- Coimbra, Euclides. 2013. *Kaizen in Logistics And Supply Chain*.
- Dillon, Andrew P., and Shigeo Shingo. 1985. "A Revolution in Manufacturing: The SMED System," 384. <https://books.google.com/books?id=ooXVVIIfqEQwC&pgis=1>.
- Hicks, B. J. 2007. "Lean Information Management: Understanding and Eliminating Waste." *International Journal of Information Management* 27 (4): 233–49. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001.
- Liker, Jeffrey K, and David Meier. 2004. *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill USA. doi:10.1036/0071448934.
- Pinto, João Paulo. 2008. "Lean Thinking - Introdução Ao Pensamento Magro." *Comunidade Lean Thinking*, 159–63. doi:10.1002/9780470759660.ch27.
- Womack, James P., and Daniel T. Jones. 2003. "Chapter 4." *Lean Thinking-B ANISH WASTE AND CREATE WEALTH IN YOUR CORPORATION*, no. 1: 67–90. doi:10.1080/14767330701233988.

## **ANEXO A: Instrução de Trabalho para *Setup* de Linha**



|  |                                   |                                  |                               |                                  |   |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---|
|  <b>Instrução de Trabalho Nº. / Working Instruction No. AL-30-50-27/0</b><br><del>Inst de Inspeção Nº. / Inspection Instruction No.</del>   |                                   |                                  |                               |                                  | Pág: 1<br>Page:<br>de: 2<br>of:                 |
| Assunto:<br>Subject:<br><b>Setup de linha no stream TH</b>   |                                   |                                  |                               |                                  | Válido desde:<br>Valid from: 02/06/2017         |
|  |                                   |                                  |                               |                                  | Substitui<br>Replaces<br>Nº. / No.:<br>de / of: |
| Autor:<br>Author:  | Aprov Qualidade:<br>Approval QMS: | Aprov Ambiente:<br>Approval EMS: | Aprov SST:<br>Approval HS-MS: | Aprov Energia:<br>Approval EnMS: | Emitido por:<br>Issued by:                      |
| TTM/AL - M. Costa  | TQ/AL - P. Pereira                | TQE/AL - S. Martins              | TQH/AL - E. Costa             | TQ/AL - P. Pereira               | TTM/AL - C. Maia                                |
| <p>Lista distribuição:<br/>         Distribution List:</p> <p>TTM/AL - C. Maia<br/>         TQ/AL - P. Pereira<br/>         TQE/AL - S. Martins<br/>         TQH/AL - E. Costa</p> <p><b>1. Objetivo</b></p> <p>Esta instrução de trabalho tem como objetivo definir as tarefas a ser realizadas pelos afinadores durante o processo de setup, bem como a ordem pela qual devem ser feitas.</p> <p><b>2. Campo de Aplicação</b></p> <p>Esta instrução de trabalho deve ser aplicada nas linhas do stream TH, sempre que existir necessidade de mudança de linha com intervenção do afinador.</p> <p><b>3. Responsabilidades</b></p> <p>Os afinadores são responsáveis pelo cumprimento da instrução aqui descrita, sempre que for necessário realizar setups de linha.</p> <p><b>4. Descrição</b></p> <p>Procedimento:</p> <p>1) Através do e-plant ou do chefe de equipa, tomar conhecimento de qual a linha e o produto que vai entrar em produção;</p> <p>2) Consultar o documento "TTM/AL 051 - Folha de Acompanhamento do Setup", para saber quais as ferramentas necessárias. Este documento encontra-se disponível para consulta nos e-plants existentes nas linhas de montagem e nele encontram-se todas as informações que serão necessárias durante o processo de setup;</p> |                                   |                                  |                               |                                  |   |

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|    | <b>Instrução de Trabalho Nº./ Working Instruction No.</b> AL-30-50-27/0<br><b>Inst. de Inspeção Nº./ Inspection Instruction No.</b> | Pág: 2<br>Page:<br>de:<br>of: 2 |
| <p>3) Preparar todo o material necessário para a mudança:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suporte Posto 1, Suporte Teste Ar e Suporte Teste Água;</li> <li>- Aparafusadoras;</li> <li>- Módulos Giratórios;</li> <li>- Injetores e Bits.</li> </ul> <p>4) Deslocar-se à linha com as ferramentas no carrinho de transporte de ferramentas que se encontra junto ao local de arrumação das mesmas;</p> <p>5) Remover todos os suportes utilizados na produção do produto anterior e colocá-los no carrinho;</p> <p>6) Remover as aparafusadoras que não são necessárias;</p> <p>7) Colocar os novos suportes e fazer os ajustes necessários;</p> <p>8) Colocar as aparafusadoras necessárias com os bits corretos;</p> <p>9) Escolher o programa adequado para o teste de ar;</p> <p>10) Escolher o programa adequado para o teste de água;</p> <p>11) Verificar se a sonda térmica está calibrada e se os torques estão corretos;</p> <p>12) Verificar o bom estado de funcionamento de todas as ferramentas montadas, assim como o correto funcionamento dos sistemas de segurança (ex.: bimanual, fotocélulas);</p> <p>13) Verificar o estado das ferramentas retiradas da linha. Se alguma não estiver em boas condições, sinalizar a avaria, e não a colocar no seu local de arrumação, caso não esteja utilizável;</p> <p>14) Arrumar, nos locais corretos, as ferramentas que foram retiradas da linha em bom estado.</p> <p><b>5. Energia</b></p> <p>Em caso de deteção de fuga de ar comprimido deve ser identificada e reparada. Como boa prática e sempre que possível desligue as fontes de energia desnecessárias.</p> <p><b>6. Segurança</b></p> <p>Cumprir com a instrução de segurança AL-30-93-005.</p> <p><b>7. Documentos associados</b></p> <p>TTM/AL 051 - Folha de Acompanhamento do Setup.<br/> Instrução de segurança "AL-30-93-005 – Afinador"</p> |   |                                 |

## **ANEXO B: Exemplo de Folha de Acompanhamento de *Setup***

## Folha de Acompanhamento do Setup

|                   |          |
|-------------------|----------|
| Produto anterior  |          |
| Código de produto | 34146003 |

|       |           |
|-------|-----------|
| Corpo | 406013140 |
|-------|-----------|

| Bancada 1   |           |           |   |          |           |  |          |           |
|---|-----------|-----------|---|----------|-----------|--|----------|-----------|
| Posto   | Código    | Arrumação | Posto   | Código   | Arrumação | Posto  | Código   | Arrumação |
| 1   | XXXXX.005 | C3        | 2   | 87206720 | C2        | 3  | 873A5180 | B3        |
|  |           |           |  |          |           |  |          |           |

| Bancada 2  |          |           |       |        |           |       |        |           |
|--|----------|-----------|-------|--------|-----------|-------|--------|-----------|
| Posto  | Código   | Arrumação | Posto | Código | Arrumação | Posto | Código | Arrumação |
| 1  | 873A5210 | B3        | 2     | -      | -         | 3     | -      | -         |
|  |          |           |       |        |           |       |        |           |

| Bancada 3   |          |           |       |        |           |       |        |           |
|---|----------|-----------|-------|--------|-----------|-------|--------|-----------|
| Posto   | Código   | Arrumação | Posto | Código | Arrumação | Posto | Código | Arrumação |
| 1   | 87206720 | #N/A      | 2     | -      | -         | 3     | -      | -         |
|  |          |           |       |        |           |       |        |           |

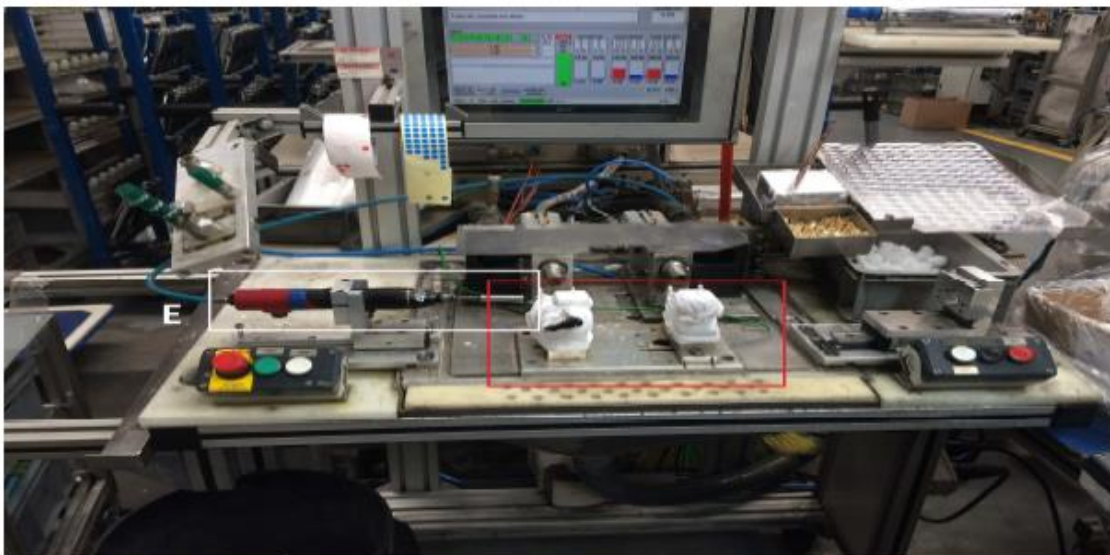
| Aparafusadoras              |      |
|-----------------------------|------|
| Tipo                        | Qtd. |
| Vermelha (60-120 Ncm)       | 0    |
| Azul (120-150 Ncm)          | 1    |
| Preta (150-250 Ncm)         | 0    |
| Verde ( 250-300 Ncm)        | 0    |
| Azul e Branca (400-500 Ncm) | 0    |
| Castanha (600-700 Ncm)      | 0    |
| Branca (800-1000 Ncm)       | 0    |
| Amarela                     | 0    |
| Cleco                       | 1    |

| Alternativas |      |
|--------------|------|
| B1P1         | 0    |
| B1P2         | 0    |
| B1P3         | 0    |
| B2P1         | 0    |
| B2P2         | -    |
| B2P3         | -    |
| B3P1         | #N/A |
| B3P2         | -    |
| B3P3         | -    |





Bancada 1



Bancada 2



Bancada 3

| Legenda das fotos com torques de aperto: |
|--|
|--|

|   |
|---|
| <p>A - 800-1000 [Ncm]</p> <p>B - 1000-2000 Nm [Ncm]</p> <p>C - 1500-4000 Nm [Ncm]</p> <p>D - 2000-3000 Nm [Ncm]</p> <p>E - 100-300 [Ncm]</p> <p>F - 100-300 [Ncm]</p> |
|---|

| Parâmetros/Programa do teste de Ar                   | Programa do teste de Água |
|--|---------------------------|
| SPS nº 1   | 1316                      |
| Programa 1 - Teste de Fuga                           |                           |
| Enchimento: 4,5 s +/- 1,0 s -> Pressão máx: 3000 bar |                           |
| Estabilização: 4,5 s +/- 1,0 s                       |                           |
| Medição: 1,5 s                                       |                           |
| Perda de pressão: 150,0 Pa                           |                           |
| Despejo: 0,0 s                                       |                           |
|  | Notas                     |
|  | 0                         |
| Programa 2 - Teste de Fuga                           |                           |
| Enchimento: 4,5 s +/- 1,0 s -> Pressão máx: 3000 bar |                           |
| Estabilização: 4,5 s +/- 1,0 s                       |                           |
| Medição: 1,5 s                                       |                           |
| Perda de pressão: 150,0 Pa                           |                           |
| Despejo: 0,0 s                                       |                           |